



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

La Universidad Católica de Loja

ÁREA TÉCNICA

TITULACIÓN DE INGENIERO CIVIL

Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado “Zamora Huayco”

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

AUTOR: García Romero, Wilson Armando.

DIRECTOR: Ángel Guillermo, Tapia Chávez, Ing.

LOJA - ECUADOR

2014

APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

Ingeniero.

Ángel Guillermo Tapia Chávez.

DOCENTE DE LA TITULACIÓN

De mi consideración:

Que el presente trabajo, denominado: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado “Zamora Huayco”, realizado por el profesional en formación: García Romero Wilson Armando, ha sido orientado y revisado durante su ejecución, por cuanto se aprueba la presentación del mismo.

Después de la revisión, análisis, y corrección respectiva, autorizo su presentación para la defensa y sustentación del proyecto de fin de titulación.

Loja, Julio de 2014.

f).....

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo **García Romero Wilson Armando** declaro ser autor del presente trabajo de fin de titulación: Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado – “Zamora Huayco”, de la Titulación de Ingeniero Civil, siendo Ángel Guillermo Tapia Chávez, director del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica Particular de Loja y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales. Además certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de mi exclusiva responsabilidad.

Adicionalmente declaro conocer y aceptar la disposición del Art. 67 del Estatuto Orgánico de la Universidad Técnica Particular de Loja que en su parte pertinente textualmente dice: “Forman parte del patrimonio de la Universidad la propiedad intelectual de investigaciones, trabajos científicos o técnicos y tesis de grado que se realicen a través, o con el apoyo financiero, académico o institucional (operativo) de la Universidad”

f.....

Autor: García Romero Wilson Armando.

Cédula: 1900625904.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por darme la fuerza de siempre seguir adelante y haber podido vencer las barreras que encontré en esta meta.

De igual manera quiero dedicar esta tesis a mi familia y en especial a mis padres: Wilson Amador García Encalada, Martha Isabel Romero Díaz por su incondicional confianza y su gran esfuerzo, ellos son mis modelos a seguir los admiro mucho.

AGRADECIMIENTO

Doy gracias a Dios por todas las bendiciones que me ha dado y sobre todo por permitir que esta meta en mi vida se haga realidad.

Debo expresar mi gratitud a la Universidad Técnica Particular de Loja, a los docentes de la Escuela de Ingeniería Civil, en especial a mi director de tesis Ing. Ángel Tapia y a la Ing. Carmen Esparza quienes además de ser nuestros guías en la culminación de esta tesis nos han brindado su amistad y apoyo para ser unos grandes profesionales.

A mis padres: Wilson García, Martha Romero; hermanos Jordy, Taylor, Dayana; a mi novia Zelydeth Gálvez Villa y a mis compañeros de Tesis, quienes han estado en las buenas y malas a lo largo de todo el desarrollo de esta investigación.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CARATULA.....	I
APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS.....	III
DEDICATORIA	IV
AGRADECIMIENTO	V
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	VI
ABREVIATURAS.....	X
SIMBOLOGÍA.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
RESUMEN EJECUTIVO	14
ABSTRACT	15
CAPÍTULO I.....	16
1. GENERALIDADES	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
1.1 Introducción.....	17
1.2 Objetivos.	17
1.2.1 Objetivo general.	17
1.2.2 Objetivos específicos.....	18
1.3 Problemática.	18
1.4 Justificación.....	19
1.5 Metodología	19

CAPÍTULO II.....	21
2 SUBRASANTE.....	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
2.1 Introducción.....	22
2.2 Exploración de la subrasante	23
2.3 Los parámetros determinantes en la respuesta de la Subrasante¡Error! Marcador no definido.	
2.3.1 Capacidad portante	25
2.3.2 Contenido de humedad	25
2.3.3 Contracción o expansión	25
2.4 Clasificación de los suelos	26
2.4.1 Clasificación de los suelos AASTHO.	26
2.4.2 Descripción de los grupos de clasificación.....	27
2.4.3 Índice de grupo.....	29
2.5 Evaluación de los suelos.....	30
2.5.1 Determinación del perfil de suelos.	30
2.5.2 Muestreo de las diferentes capas de suelos.....	31
2.5.3 Ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades físicas.	32
2.6 Módulo resiliente de la subrasante.	41
CAPÍTULO III.....	43
3. METODOLOGÍA	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
3.1 Recopilación de información	44
3.2 Visita de campo de la zona de estudio.....	44
3.3 Delimitación de la zona de estudio.....	44
3.4 Identificación y ubicación de los puntos de muestreo por áreas y coordenadas	46
3.5 Obtención de muestras de subrasante	46
3.6 Realización de ensayos de las muestras obtenidas.....	47
3.6.1 Ensayos de campo.....	47
3.6.2 Ensayos de laboratorio.....	48

3.7 Correlación del CBR con el equipo DCP.	49
3.8 Elaboración de una base de resultados de las características de los materiales de subrasante.	50
3.9 Estudio de materiales de cantera con el fin de mejorar las características físico – mecánicas del material de subrasante referente al polígono de estudio.	51
3.9.1 Ensayo de abrasión o desgaste, NORMA AASTHO T 96	52
3.10 Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.	53
3.10.1 Mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.	53
3.10.2 Mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.	55
3.11 Generación de la memoria técnica.	57
CAPITULO IV.....	58
4. ANÁLISIS DE RESULTADOS	¡ERROR! MARCADOR NO DEFINIDO.
4.1 Resultados	59
4.2 Clasificación del suelo.....	63
Clasificación del suelo mediante su caracterización geológica.	¡Error! Marcador no definido.
Clasificación del suelo por su capacidad de soporte	¡Error! Marcador no definido.
CAPITULO V.....	75
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
5.1 Conclusiones	76
5.2 Recomendaciones.....	77
BIBLIOGRAFÍA	78
ANEXOS I - ENSAYOS	80
CALICATA 1	81
CALICATA 2	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 3	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 4	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 5	¡Error! Marcador no definido.

CALICATA 6	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 7	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 8	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 9	¡Error! Marcador no definido.
CALICATA 10	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO II CBR de diseño	90
ANEXO III ENSAYOS DE CANTERA JUAN JOSE CASTILLO	92
MATERIAL DE CANTERA EN SU ESTADO NATURAL	93
ENSAYOS DE CANTERA MEJORADA CON MATERIAL DE RIO	98
ANEXO VI MAPAS DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA	¡Error! Marcador no definido.
MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA EN FUNCIÓN DE LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	¡Error! Marcador no definido.
MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTÉCNICA EN FUNCIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL SUELO	¡Error! Marcador no definido.
ANEXO V FOTOGRAFÍAS	106

ABREVIATURAS

Arc.Gis	Sistema y Análisis de la Información Geográfica.
Arc.Map	Análisis de Mapas.
A.A.S.T.H.O	American Association of State Highway and transportation Officials
C.A.D	Computer Aided Design (Dibujo Asistido por Ordenador).
N	Norte.
E	Este.
C.H	Contenido de Humedad
I.P	Índice de Plasticidad.
L.L	Límite Líquido.
L.P	Límite Plástico.
W	Contenido de Humedad (%)
I.G	Índice de Grupo
Mr	Modulo resiliente
C.B.R	Valor de Soporte de California
D.C.P	Penetrometro Dinámico de Cono.
U.C.G	Unidad Civil Geominera.
U.T.M	Universal Transverse Mercator. (Sistema de Coordenadas Transversal de Mercator).
U.T.P.L	Universidad Técnica Partícula de Loja.

SIMBOLOGÍA

F	Porcentaje de suelo que pasa por la malla # 200.
qu	Resistencia a la compresión simple.
Ha	Hectáreas.
Tn	Toneladas.
m	Metros
mm	Milímetros
Psi	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
in – plg	Pulgadas
lb	Libras
kg	Kilogramos
MPa	Mega pascales
ln	Logaritmo natural

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Paquete estructural de un pavimento.....	23
Figura 2: Signos convencionales para perfiles de calicatas – Clasificación AASTHO	24
Figura 3: Limites de consistencia de los suelos	35
Figura 4: Mecanismo de falla del suelo generado por el Ensayo C.B.R.....	39
Figura 5: Esquema del DCP	40
Figura 6: Perímetro del polígono - YANACOCHA - DATUM PSAD 56.....	45

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de materiales para subrasante de carreteras	26
Tabla 2: Indicación del Índice de Grupo.	29
Tabla 3: Clasificación de suelos según Índice de Grupo	30
Tabla 4: Características para definir un perfil de suelo.	31
Tabla 5: Clasificación de suelos según el tamaño de partículas	34
Tabla 6: Categorías de la subrasante según el CBR	39
Tabla 7: Categorías de la subrasante Según el Modulo Resiliente	42
Tabla 8: Descripción, coordenadas, superficie de aporte para de los puntos de muestreo.	46
Tabla 9: Ensayos in situ para análisis de subrasante.....	47
Tabla 10 : Ensayo de laboratorio para materiales de subrasante.	48
Tabla 11: Límites de diseño de subrasante	49
Tabla 12: Ecuaciones para la correlación del CBR de laboratorio con DCP.	50
Tabla 13: Granulometría de agregados no tratados.....	51
Tabla 14: Material retenido en los tamices para determinar el tipo de método.	52
Tabla 15: Códigos utilizados para la zonificación en función del tipo de suelo.	54
Tabla 16: Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.	55
Tabla 17: Códigos utilizados para la zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo	55
Tabla 18 Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.....	56

RESUMEN EJECUTIVO

La siguiente investigación trata de la caracterización de los materiales de sub-rasante aplicados a obras de infraestructura vial y la creación de un mapa de zonificación geotécnica del Polígono “Zamora Huayco” ubicado en la ciudad de Loja.

El propósito, es la presentación de los resultados de la subrasante en base a la sistematización de las propiedades físicas -mecánicas de los suelos, además determinar la capacidad de soporte de la subrasante.

Con este fin se realizó la recopilación de información, visita de campo, delimitación del área de estudio, extracción de las muestras con un radio de 500 m (\pm) 100 entre sí a distintas profundidades, y la caracterización del material mediante los siguientes ensayos de laboratorio: contenido de humedad, límites de consistencia (LL – LP - IP), análisis granulométrico, Proctor modificado, CRB y abrasión para el material de mejoramiento.

A partir de los resultados de la caracterización se creó un mapa de zonificación geotécnica del Polígono “Zamora Huayco” a fin de identificar zonas geotécnicas con características homogéneas en el Programa ArcGis, en función de los grupos de suelo identificados.

Palabras claves: Zonificación geotécnica, sub-rasante, clasificación, delimitación, recopilación, capacidad portante, compactación.

ABSTRACT

The following research is the characterization of the subgrade materials applied to road infrastructure and the creation of a map of geotechnical zoning Polygon "Zamora Huayco" located in the city of Loja.

The purpose is to present the results of the subgrade based on the systematization of physical - mechanical properties of soils also determine the bearing capacity of the subgrade.

To this end the data collection, field visit, delimitation of the study area, extraction of the samples with a radius of 500 m (\pm) 100 each other at different depths, and material characterization is performed using the following tests laboratory moisture content, consistency limits (LL - LP - IP), sieve analysis, modified Proctor, CRB and abrasion breeding materials.

Finally, for the proposed map of geotechnical zoning Polygon, modeling and development of a map was proposed to identify homogeneous geotechnical areas on the ArcGis program, depending on soil groups identified with the respective analysis of test results laboratory.

From the results of the characterization of geotechnical zoning map polygon "Zamora Huayco" to identify geotechnical areas with similar characteristics in the ArcGis program based on identified soil groups are created.

Keywords: Geotechnical Zoning subgrade, classification, definition, collection, bearing capacity, compaction.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.2 Introducción.

Durante mucho tiempo, el hombre ha buscado la manera de ofrecer las mejores condiciones a las obras de infraestructura vial con el objetivo de que sean duraderas, estables y que garanticen la estabilidad del trabajo.

Fruto de este afán, han surgido numerosos estudios los cuales, apoyados en fundamentos prácticos, han permitido el desarrollo de técnicas que facilitan el conocimiento de las propiedades del suelo, cuya importancia radica en que en la medida que las conozcamos y manejemos, podremos ofrecer mejores condiciones a las obras de ingeniería civil.

El crecimiento poblacional existente en la ciudad de Loja trae consigo la expansión del área urbana, con lo cual surge la implementación de servicios básicos que aseguren el bienestar de la comunidad.

La apertura de carreteras es una de las actividades de mayor incidencia e impacto en la realización de obras de infraestructura y ciertamente es uno de los rubros que contribuye de manera más eficaz y eficiente en el mejoramiento de las condiciones de vida, la cual se beneficia en particular a la sociedad Lojana y el país en general.

La motivación principal que mueve a esta investigación es estudiar las características físicas - mecánicas de la subrasante, a objeto de garantizar la buena capacidad portante del suelo de fundación de una carretera.

1.2 Objetivos.

1.2.1 Objetivo general.

- Caracterizar los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono “Zamora Huayco”

1.2.2 Objetivos específicos.

- Identificar las propiedades de capacidad de soporte a nivel de subrasante.
- Caracterizar las propiedades físicas de los suelos.
- Generar un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.

1.3 Problemática.

Durante la ejecución de trabajos de explanaciones en cortes y rellenos para carreteras; la subrasante presenta deficiencias puntuales de capacidad portante; es por esta razón que existe un déficit de la capacidad portante de la fundación.

En este caso, los métodos que se utilizan para un diagnóstico certero son los basados en las pruebas conocidas de Valor de Soporte de California (más conocida como California Bearing Ratio o CBR) o Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP).

Los cambios de volumen de los suelos de subrasante pueden ser de tipo expansivo, y estos ocasionan graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este tipo de suelo, por esta razón cuando se construya un pavimento deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad para mejorar las condiciones de subrasante y así prevenir perjuicios económicos de la estructura.

Si en los materiales de una subrasante hay inestabilidad, se tiene problemas para la compactación de los materiales de subbase y/o base, y como resultado no se procederá a la colocación de la capa de rodadura por la falta de un soporte adecuado desde su fundación.

Por tal razón los materiales de fundación de la subrasante tienen una gran influencia en la construcción del pavimento y dan una buena funcionalidad del mismo.

1.2 Justificación.

Actualmente en las calles y avenidas de la ciudad Loja se puede palpar un grave problema debido al mal estado en el cual estas se encuentran.

Tales problemas se atribuyen a la falta de control de ejecución, al incumplimiento de la normativa precisa para las características físico - mecánicas de los suelos principalmente a nivel de subrasante, previo al diseño de la estructura del pavimento.

Debido a la existencia de los problemas antes mencionados en la vialidad de la ciudad de Loja, surge la necesidad de realizar una investigación de las características y propiedades de los suelos a nivel de subrasante que se encuentran en las diferentes zonas de expansión de la ciudad. Con lo cual se contará con la información necesaria para una planeación de infraestructura urbana bien establecida de acuerdo a las ordenanzas Municipales, y normativas de diseño AASHTO.

Es por ello que mediante el presente proyecto, se estudia y se analiza la caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial, mediante la subdivisión de polígonos a partir de un mapa base geológico de la ciudad de Loja, de acuerdo a las líneas de investigación de la sección de Geodinámica del Departamento de Geología y Minas e Ingeniería Civil de la Universidad Técnica Particular de Loja.

1.4 Metodología.

Para la investigación y desarrollo del presente proyecto de fin de titulación, la metodología empleada se realizó en las siguientes etapas:

- Recopilar información.
- Visita de campo de la zona de estudio.
- Delimitar el polígono de estudio.
- Ubicar los puntos de muestreo por áreas y coordenadas.
- Ensayos del suelo in situ.
- Obtener muestras y ensayos de laboratorio.

- Correlacionar el CBR con el equipo DCP.
- Obtener una base de resultados de las características de los materiales de fundación de la subrasante.
- Estudiar los materiales de cantera con el fin de mejorar las propiedades físico – mecánicas del material de subrasante del polígono de estudio.
- Generar un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.
- Redacción del trabajo de fin de titulación.

CAPÍTULO II

2. SUBRASANTE

2.1 Introducción.

La subrasante es el terreno de fundación directo de la estructura del pavimento, la subrasante está conformada por suelos seleccionados de características aceptables, y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño que proviene del tránsito.

Su capacidad de soporte en condiciones de servicio, junto con el tránsito y las características de los materiales de construcción de la superficie de rodadura, constituyen las variables básicas para el diseño de la estructura del pavimento que se colocará encima.

En caso de obtener CBR bajos se debe estabilizar los suelos, para lo cual se analizan alternativas de solución, como la estabilización mecánica, el reemplazo del suelo de cimentación, estabilización química de suelos, estabilización con geosintéticos, elevación de la rasante, cambiar el trazo vial, eligiéndose la más conveniente técnica y económica.

2.2 Importancia de la subrasante para el diseño del pavimento.

El pavimento es una estructura construida sobre la subrasante de la vía, para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito.

El diseño del pavimento, está dado por el análisis de la subrasante, como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas del tránsito.

El espesor de un pavimento depende en gran parte de la calidad de la subrasante, por lo general está conformada por las siguientes capas: rodadura, base, subbase y subrasante. Figura 2.1.

Al diseñar un pavimento hay que intentar controlar los cambios de volumen en un suelo expansivo, pueden ocasionar graves daños, por lo tanto es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad por las variaciones de volumen.

Un gran porcentaje de los desplazamientos y agrietamientos en la superficie de un pavimento se puede atribuir a la subrasante; por tal motivo es de fundamental importancia el estudio de la subrasante y así poder tener un criterio para mejorar las condiciones del mismo.

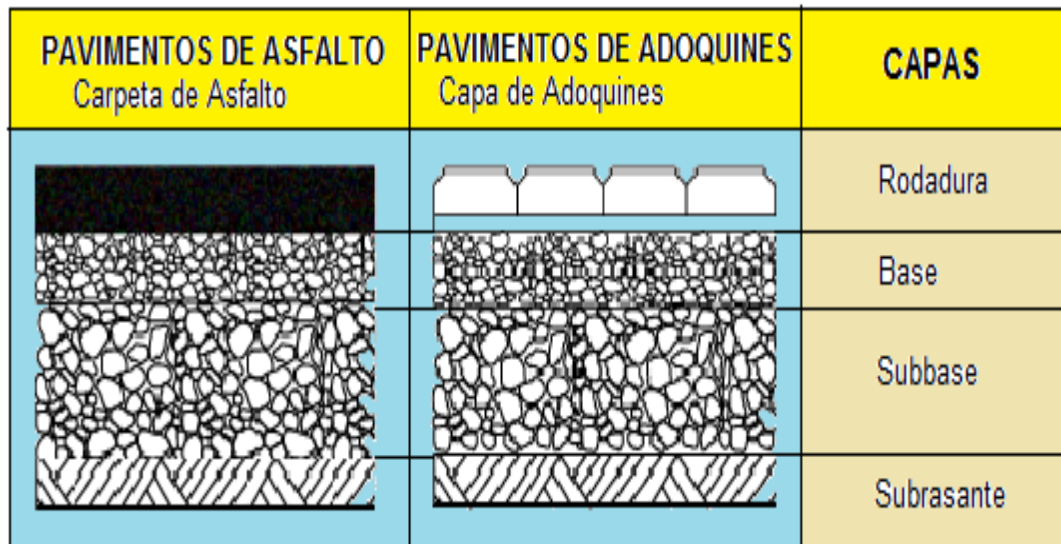


Figura 1: Paquete estructural de un pavimento.

Fuente: (GABRIEL GARCÍA PECEROS, 1974)

2.3 Exploración de la subrasante.

La exploración es muy importante para la determinación de las características físico-mecánicas de la subrasante, así como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Se debe considerar tres aspectos fundamentales:

Trabajos de exploración.- Realizar una investigación en la zona de estudio con el fin de identificar la extensión del polígono, el número de pozos con los que se contara.

Recolección de datos.- En cada sondeo se toman registros de información a diferentes profundidades con el propósito de poder determinar sus propiedades naturales y el tipo de suelo.

Ensayos de campo y laboratorio.- Para la caracterización de la subrasante se utilizan los siguientes ensayos: humedad natural, límites de consistencia (límite líquido y límite plástico), granulometría, compactación y CBR.

Sí la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aún con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

Las perforaciones deben alcanzar una profundidad de 1.50 m y están a intervalos de 500 m uno con respecto del otro. Para determinar el perfil de cada calicata se debe utilizar los signos convencionales establecidos por la AASTHO los cuales se muestran en la siguiente Figura 2.2.







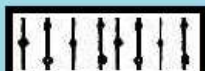








Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Figura 2: Signos convencionales para perfiles de calicatas – Clasificación AASTHO

Fuente: (Simbología AASTHO)

2.4 Caracterización de la subrasante.

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la subrasante se llevan a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios ó calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el espaciamiento entre cada calicata, estará de

acuerdo a la Tabla 2.4. Las calicatas se ubican longitudinalmente y en forma alternada, la ubicación se determina mediante la ayuda de un GPS, dentro del polígono de estudio Zamora Huayco.

Sí a lo largo del avance de la investigación las condiciones topográficas muestran las siguientes condiciones:

- Cambios en el perfil del suelo.
- La naturaleza de la subrasante del terreno evidencia un cambio significativo de sus características.
- Se presentan suelos erráticos.

se deben ejecutar más calicatas por kilómetro en puntos singulares para tener más confiabilidad en la obtención de resultados.

Dentro de la caracterización de una subrasante hay que tener en cuenta la presencia de las siguientes características especiales de un suelo:

- La presencia de suelos orgánicos.
- Suelos expansivos.
- Nivel freático.
- Rellenos sanitarios.
- Rellenos de basura.

En cuyo caso las calicatas deben ser más profundas y delimitando estos sectores como subrasantes pobres o inadecuados, y a su vez se deberá determinar el tipo de estabilización o mejoramiento del suelo de la subrasante, a fin de homogenizar su calidad a lo largo del polígono de estudio.

El comportamiento de una subrasante generalmente depende de tres características básicas, las cuales se hallan interrelacionadas entre sí, siendo éstas las siguientes¹: capacidad portante, contenido de humedad y contracción o expansión.

¹ Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante por medio de la aplicación de correlación deflectométrica, ING. CIP RAMÓN OVIEDO BELLOTT

2.5 Clasificación de los suelos.

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a metodología para construcción de vías. Para diseño de pavimentos y aeropistas utilizamos la clasificación de la American Association of State Highway and transportation Officials (AASHTO).

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en la Tabla 2.1.

2.5.1 Clasificación de los suelos AASTHO².

De acuerdo con este sistema y con base en su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-7.

Los suelos se clasifican mediante la Tabla 2.1 la cual corresponde a la norma AASHTO.

Tabla 1: Clasificación de materiales para subrasante de carreteras

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
Símbolo	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50		mín. 50									
0,5 mm	máx. 30	máx. 50	máx. 10	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0,08 mm	máx. 15	máx. 25										
Límites Atterberg												
límite de liquidez				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	mín. 10
											IP<LL-30	IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

(1) No plástico

(2) El índice de plasticidad A-7-5 es IP ≤ LL - 30

El índice de plasticidad A-7-6 es IP > LL - 30

Fuente: (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

² Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

2.5.2 Descripción de los grupos de clasificación.

Determinadas las características de los suelos de cada calicata en sus diferentes alturas (0.5, 1.00, 1.50) m, se puede estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos y su clasificación, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo.

De acuerdo a los ensayos antes mencionados, la ingeniería de suelos ha desarrollado algunos métodos de clasificación por lo que a continuación se detalla un poco más de esta clasificación AASTHO:

2.5.2.1 Suelos granulares³.

Son aquellos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos forman los grupos A-1, A-2 y A-3.

Grupo A-1: El material de este grupo comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también en este grupo mezclas bien graduadas que no tienen material ligante.

Subgrupo A-1a: Comprende aquellos materiales formados predominantemente por piedra o grava, con o sin material ligante bien graduado.

Subgrupo A-1b: Incluye aquellos materiales formados predominantemente por arena gruesa bien gradada, con o sin ligante.

Grupo A-2: Comprende una gran variedad de material granular que contiene menos del 35% del material fino.

Subgrupo A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos Subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% cuya fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-4 y A-5, respectivamente.

Estos grupos incluyen aquellos suelos gravosos y arenosos (arena gruesa), que tengan un contenido de limo, o índices de grupo, en exceso a los indicados por el grupo A-1. Así

³ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

mismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

Subgrupos A-2-6 y A-2-7: Los materiales de estos subgrupos son semejantes a los anteriores, pero la fracción que pasa el tamiz número 40 tiene las mismas características de los suelos A-6 y A-7, respectivamente.

Grupo A-3: En este grupo se encuentran incluidas las arenas finas, de playa y aquellas con poca cantidad de limo que no tengan plasticidad. Este grupo incluye, además, las arenas de río que contengan poca grava y arena gruesa.

2.5.2.2 Suelos finos limo arcillosos⁴.

Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz número 200. Estos suelos constituyen los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7.

Grupo A-4: Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz número 200. Además, se incluyen en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta un 64%.

Grupo A-5: Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

Grupo A-6: el material típico de este grupo es la arcilla plástica, Por lo menos el 15% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo-arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%. Estos materiales presentan, generalmente, grandes cambios de volumen entre los estados seco y húmedo.

Grupo A-7: Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A-6 pero son elásticos. Sus límites líquidos son elevados.

Subgrupo A-7-5: incluye aquellos materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos.

⁴ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

Subgrupo A-7-6: Comprende aquellos suelos cuyos índices de plasticidad son muy elevados con respecto a sus límites líquidos y que, además, experimentan cambios de volumen extremadamente grandes.

2.5.3 Índice de grupo.

Este índice esta normado por la AASHTO, está basado en los límites de Atterberg. El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más Tabla 2.2. Cuando el Índice de Grupo calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice igual o mayor a 20, un suelo no utilizable para caminos.

Cuando se indica un índice de grupo hay que colocarlo entre paréntesis.

Tabla 2: Indicación del Índice de Grupo.

Tipos de suelo	Valor de IG
Suelos granulares	0 a 4
Suelos limosos	8 a 12
Suelos Arcillosos	11 a 20, o mas

Fuente: (MTC, 2013, pág. 38)

A continuación describimos las fórmulas utilizadas para encontrar el índice de grupo

$$IG = (F - 35) \times [0,2 + 0,005 * (LL - 40)] + 0,01 \times (F - 15) \times (IP - 10) \quad \text{Ecuación 2.1}$$

$$IG = 0,01 \times (F - 15) \times (IP - 10), \text{ para subgrupos A-2-6 y A-2-7} \quad \text{Ecuación 2.2}$$

Donde:

IG: Índice de grupo

LL: Limite Liquido

F: Porcentaje que pasa el tamiz ASTM n° 200

IP: Índice de Plasticidad

Para clasificar un suelo de subrasante mediante el Índice de Grupo nos basamos en la siguiente Tabla 2.3:

Tabla 3: Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 - 2	Bueno
IG está entre 0 - 1	Muy Bueno

Fuente: (MTC, 2013, pág. 38)

2.6 Evaluación de los suelos.

Para la evaluación de los suelos de subrasante se realizó un estudio de los materiales de fundación, así como de los antecedentes geológicos de la zona del proyecto, para obtener un conocimiento de las formaciones geológicas predominantes y la naturaleza de los suelos que las constituyen.

Esto permite encontrar las características físico-mecánicas y definir las áreas del polígono con su respectivo tipo de suelo. Una investigación de suelos debe comprender los siguientes parámetros.

2.6.1 Determinación del perfil de suelos.

Se realiza la elaboración de los perfiles mediante el muestreo y análisis de los materiales extraídos, por tal motivo el estudio de calicatas requerirá una exploración detallada a diferentes alturas, una delimitación de espaciamiento entre perforaciones, profundidad y número de calicatas.

En general todos aquellos elementos que contribuyan a precisar un perfil de suelo serán tomados en consideración en el momento de la extracción de las muestras como su espesor de las capas del sub-suelo, forma, color, consistencia y material fotográfico de las calicatas.

Un criterio para la ubicación, profundidad y número de las perforaciones se presenta a continuación en la Tabla 2.4.

Tabla 4: Características para definir un perfil de suelo.

Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos		
Tipo de zona	Espaciamiento (m)	Profundidad (m)
1. Carreteras	250-500	1.50
2. Pistas de aterrizaje.	A lo largo de la línea central, 60-70 m	Cortes: -3m debajo de la rasante Relleno: -3m debajo de la superficie existente del suelo
3. Otras áreas pavimentadas	1 perforación cada 1000 m ²	Cortes: 3m debajo de la rasante Relleno: 3m debajo de la superficie existente del suelo
4. Préstamos	Pruebas suficientes para definir claramente el material	Hasta la profundidad que se propone usar como préstamo.

Fuente: (MONTEJO, 2010, pág. 58)

2.6.2 Muestreo de las diferentes capas de suelos.

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas a (0.5, 1.00, 1.50) m, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación, número de muestra y profundidad.

Las muestras representativas, son las que contienen todos los materiales constituyentes del estrato. Sin embargo su condición física y estructural, sí se ha alterado, estas muestras se usan para llevar a cabo una clasificación del suelo.

Luego serán colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se

anotará sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales.

Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de Mr.

2.6.3 Ensayos de laboratorio para determinar sus propiedades físicas.

Para la realización de los ensayos se utilizan normas internacionales como la AASHTO, equipos debidamente calibrados, que garanticen la exactitud y validez de los resultados..

A continuación se detallan los ensayos de laboratorio realizados de los suelos explorados del polígono “Zamora Huayco”.

2.6.3.1 Determinación del contenido de Humedad⁵.

En esta investigación utilizamos la norma AASHTO T 265 – 93 (2000), es un ensayo que permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

Esta propiedad física del suelo es de gran utilidad en la construcción civil y se obtiene de una manera sencilla, pues el comportamiento y la resistencia de los suelos en la construcción están regidos, por la cantidad de agua que contienen. El contenido de humedad de un suelo es la relación del cociente del peso de las partículas sólidas y el peso del agua que guarda, esto se expresa en términos de porcentaje.

Podemos decir que la humedad en un suelo es debida a las aguas de precipitación, teniendo siempre presente que el contenido de humedad está referido al peso de las partículas de suelo, o sea al peso del material seco, y no al peso total de la muestra.

Importancia de contenido de humedad.

⁵ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

La importancia del contenido de agua de un suelo representa junto con la cantidad de aire, una de las características más importantes para explicar el comportamiento de este suelo como por ejemplo cambios de volumen, cohesión, estabilidad.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en laboratorio, es por medio del secado a horno, donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada masa de suelo y el peso de las partículas sólidas,

La fórmula utilizada para encontrar el contenido de humedad del suelo es la siguiente:

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} * 100 \quad \text{Ecuación 2.3}$$

$$W = \frac{W_w}{W_s} * 100 \quad \text{Ecuación 2.4}$$

Dónde:

W: Contenido de Humedad %

W1: peso del recipiente y suelo húmedo, (g)

W2: peso del recipiente y suelo seco, (g)

Wc: peso del recipiente, (g)

Ww: peso del agua, (g)

Ws: peso de las partículas sólidas, (g)

2.6.3.2 Análisis granulométrico⁶.

Utilizamos la norma por tamizado AASTHO T 88 - 00. La granulometría en agregados es uno de los parámetros más importantes en muchas áreas de la ingeniería, es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo, lo que quiere decir, separar al agregado en diferentes fracciones de partículas del mismo tamaño, o de tamaños comprendidos dentro de determinados límites.

⁶ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

Importancia del análisis granulométrico.

La granulometría es muy importante para procesos a seguir en la construcción de nuestras obras civiles.

Debido a que las partículas de suelo pueden causar un gran efecto en nuestras obras, debemos proyectarla muy bien y basarnos en estudios preliminares confiables, para el ensayo de granulometría utilizamos el método de los tamices, que es el método más directo para separar fracciones de suelo de diferentes tamaños

Para calcular la granulometría del suelo tenemos en cuenta el peso del material que queda en cada uno de los tamices, con respecto al peso inicial, luego calculamos el peso que queda en los tamices en porcentaje y de estos datos realizamos una gráfica de peso retenido vs número del tamiz, con esta grafica resumimos nuestro análisis granulométrico, y es esta la que necesitamos para saber que posibles soluciones o acciones debemos implementar para ejecutar en nuestra obra.

Es muy importante realizar esta práctica de una manera honesta y correcta debido que de la veracidad de la información obtenida por el análisis granulométrico depende la calidad de nuestro proyecto, como lo es el factor económico, que es uno de los que más debemos optimizar los ingenieros civiles.

Un criterio para la determinación granulométrica se presenta a continuación en la Tabla 2.5.

Tabla 5: Clasificación de suelos según el tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de Partículas
Grava		75mm- 4.75 mm
Arena		Arena gruesa : 4,75 mm -2mm
		Arena media: 2mm -0.425mm
		Arena fina: 0.425mm-0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: Fuente: (MTC, 2013, pág. 36)

2.6.3.3 Determinación de los límites de consistencia.

En 1911, el científico sueco Atterber, describió métodos para describir la variación de la consistencia de un suelo en función del contenido de humedad, es decir en suelos de grano fino a mayor contenido de agua menor es la consistencia, y si este contenido de agua se reduce la consistencia aumenta.

Podríamos definir a los límites de consistencia de un suelo de grano fino, como el contenido de humedad característico que determinan las fronteras entre los estados: líquido, plástico, sólido y semisólido Figura 2.3.

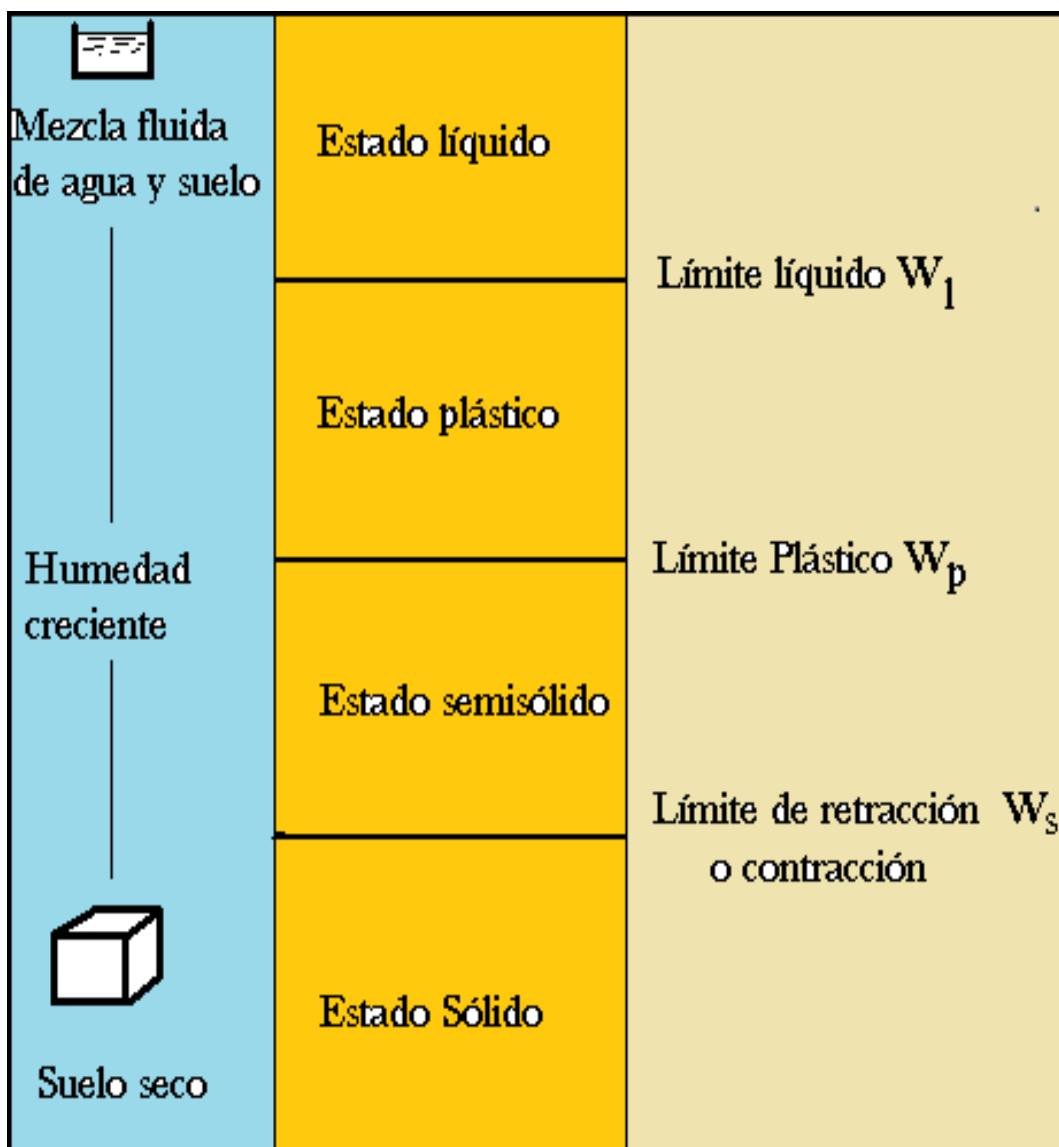


Figura 3: Límites de consistencia de los suelos

Fuente: (Braje M, Das, 2001)

Atterber, propuso dos límites, estos son:

Límite líquido⁷.

En esta investigación utilizamos la norma AASHTO T 89 - 02, el límite líquido es el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico al líquido.

Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. de espesor fluyan y se unan en una longitud de 12 mm, aproximadamente, en el fondo de la muesca que separa las dos mitades, cuando la cápsula que la contiene golpea de 15 a 25 veces desde una altura de 1 cm, a la velocidad de 2 golpes por segundo, es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico.

Para el cálculo se tomara de la muestra el contenido de humedad que corresponde a la intersección de la curva de fluidez con la ordenada a los 25 golpes, debemos de redondear este número al entero más cercano

Límite plástico⁸.

En esta investigación utilizamos la norma AASHTO T 90 - 00, se define como la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de plasticidad.

El límite plástico es la humedad correspondiente en el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos ó cilindros pequeños. Conjuntamente con el límite líquido, el límite plástico es usado en la identificación y clasificación de suelos.

Se denomina límite plástico a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3, mm de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen

Se debe redondear el resultado del límite plástico al número entero más cercano; además si se llega a tener el límite plástico mayor que el límite líquido se lo debe informar en el índice de plasticidad como NP (no plástico) o si el límite líquido y el límite plástico no pueden ser determinados, debemos registrar el índice de plasticidad como NP (no plástico).

⁷ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

⁸ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

Índice de plasticidad.

El cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el plástico, e indica el grado de contenido de humedad en el cual un suelo permanece en estado plástico antes de cambiar al estado líquido.

2.6.3.5 Ensayo de compactación del suelo⁹.

En esta investigación utilizamos la norma AASHTO T 180 - 01, se entiende por compactación todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un suelo.

La compactación en el proceso realizado generalmente por medios mecánicos por el cual se obliga a las partículas de suelo a ponerse más en contacto con otras, mediante la expulsión del aire de los poros, lo que implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, lo que produce en el suelo cambios de volumen de importancia, principalmente en el volumen de aire, ya que por lo general no se expulsa agua de los huecos durante el proceso de compactación, siendo por lo tanto la condición de un suelo compactado la de un suelo parcialmente saturado.

Importancia de la compactación.

La importancia de la compactación es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería de la masa de suelos, con la finalidad de obtener suelos estructurados de tal manera que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado durante toda la vida útil de la obra.

En general, es conveniente compactar un suelo y obtener las siguientes ventajas:

- Aumentar la resistencia y capacidad de carga del suelo.
- Reduce la compresibilidad y disminuye la aptitud para absorber el agua.
- Reduce los asentamientos debido a la disminución de la relación de vacíos.
- Reduce el efecto de contracción.
- Mejorar las condiciones de esfuerzo-deformación del suelo

⁹ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejó Fonseca

Para efectos del control de la compactación durante la construcción, es necesario efectuar pruebas que permiten conocer la máxima densidad y el óptimo contenido de humedad de los diferentes tipos de suelos

Máxima densidad: es el máximo peso seco, obtenido cuando el material se mezcla con diferentes porcentajes de agua y se compacta de una manera normal preestablecida.

Optima contenido de Humedad: es el porcentaje de agua con el cual se obtiene la máxima densidad para el esfuerzo de compactación especificado.

2.6.3.6 Determinación de la capacidad de soporte del suelo.

Los ensayos de resistencia más usados en nuestro medio son el CBR: de laboratorio y de campo.

2.6.3.6.1 Ensayo de CBR (relación Californiana de Soporte): (AASHTO-T193-63)¹⁰.

En esta investigación utilizamos la norma AASHTO T 193 - 99 (2003), El índice de california (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el diseño de pavimentos flexibles. El CBR se expresa en porcentaje como, la razón de la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida.

La relación C.B.R. generalmente se determina para 0.1" y 0.2" de penetración, ósea para un esfuerzo de 1000 y 1500 libras por pulgada cuadrada en el patrón respectivamente.

Con el fin de duplicar en el laboratorio la condición más crítica que se presenta en el terreno, las muestras para el ensayo del C.B.R. se sumergen en agua hasta obtener su saturación.

Los ensayos C.B.R. se pueden efectuar también sobre muestras inalteradas obtenidas en el terreno y sobre suelos en el sitio.

¹⁰ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejo Fonseca

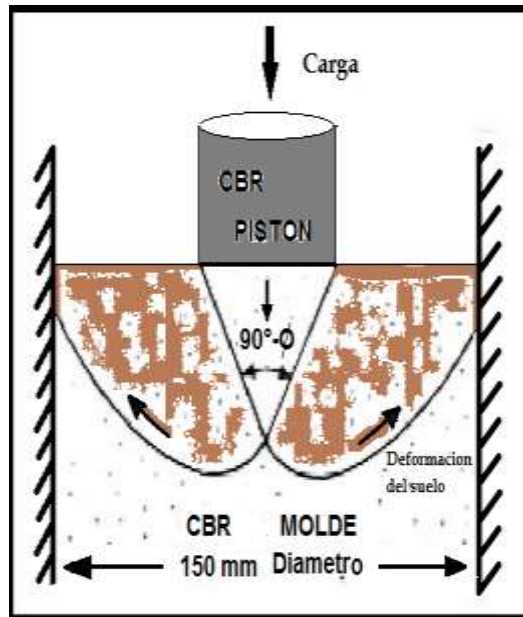


Figura 4: Mecanismo de falla del suelo generado por el Ensayo C.B.R

Fuente: Crespo Villalaz. 2004

Tabla 6: Categorías de la subrasante según el CBR

Categorías de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3 % A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6 % A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: (MTC, 2013, pág. 40)

2.6.3.6.2 Ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)¹¹.

En esta investigación utilizamos la norma ASTM D 6951 - 03, el ensayo trata sobre medir la penetración total alcanzada para un determinado número de golpes y se anota en mm/golpe en suelos inalterados o compactados, una medida que luego se usa para describir la rigidez del suelo. La penetración se relaciona con la capacidad de soporte in situ del suelo.

El operador dirige la punta del PDC dentro del suelo, levantando el martillo deslizante hasta la manija y soltándolo para que caiga libremente hasta golpear el yunque. La penetración total para un determinado número de golpes es medida y registrada en términos de milímetros por golpe.

Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia in-situ de suelos inalterados y/o materiales compactados. La penetración del PDC puede ser utilizada para estimar el CBR in-situ; para identificar los espesores de las capas; así como para estimar la resistencia al corte de las capas y otras características de los materiales que las constituyen.

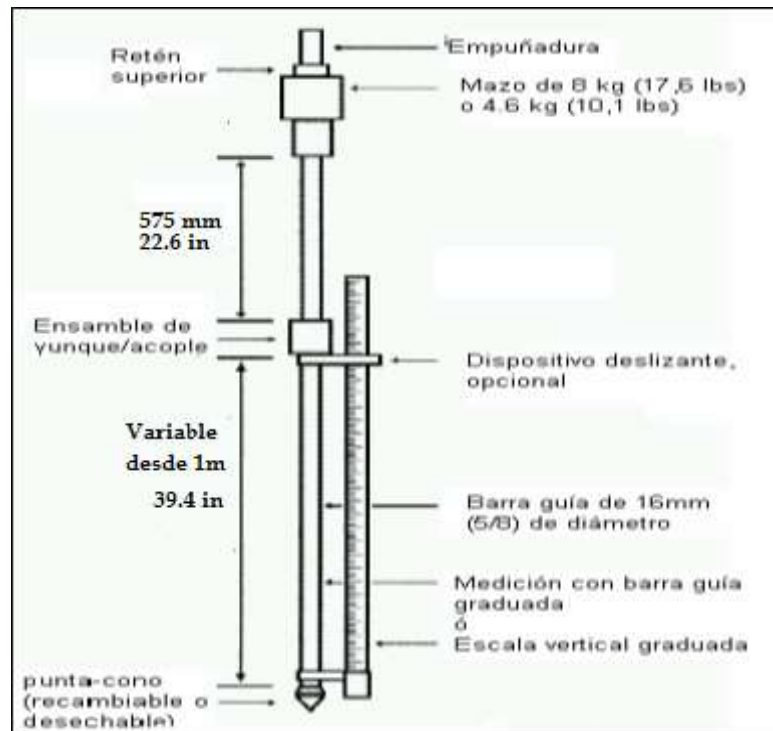


Figura 5: Esquema del DCP

Fuente: (JUAREZ BADILLO, 1996).

¹¹ Ingeniería de Pavimentos; Fundamentos, estudios básicos y diseño, 3ª Edición Tomo 1, Alfonso Montejo Fonseca

2.7 Módulo resiliente de la subrasante.

Los materiales que constituyen los pavimentos se ven sometidos a cargas dinámicas de diversas magnitudes que le son transmitidas por el tráfico. Las deformaciones resilientes o elásticas son de recuperación instantánea, el módulo de resiliencia son pruebas que describen en mejor forma el comportamiento de los pavimentos bajo cargas dinámicas de las ruedas

Importancia del Módulo de Resiliencia.

El módulo dinámico de elasticidad para subrasantes es un parámetro de gran importancia para entender el agrietamiento (por fatiga) de las superficies de asfalto y que la carga monotónica podría no ser la adecuada para su determinación.

Como se ha observado en los estudios llevados a cabo sobre módulo resiliente, este parámetro no es una propiedad constante del pavimento, sino que depende de muchos factores. Los factores que afectan el módulo resiliente se muestran a continuación.

- Nivel de esfuerzos
- Frecuencia de carga
- Contenido de betún
- Tipo de agregado
- Contenido de vacíos
- Tipo y contenido de modificadores
- Tipos de prueba
- Temperatura

La guía AASHTO reconoce que no se poseen los equipos para determinar el Mr y propone el uso de la conocida correlación con el CBR

Para la utilización del método se ha considerado la utilización de las siguientes ecuaciones de correlación:

Para suelos finos:

$Mr = 1500 (\text{CBR}); \text{ para } \text{CBR} < 10 \%$

$Mr = 3000 (\text{CBR}); \text{ para } \text{CBR } 7.2 \text{ a } 20 \%$

Para suelos granulares:

$$Mr = 4326 \times \ln CBR + 241.$$

Según el Módulo Resiliente encontrado, se clasifica la subrasante de acuerdo con las categorías indicadas en la Tabla 2.7.

Tabla 7: Categorías de la subrasante Según el Módulo Resiliente

Módulo Resiliente (Kg/cm ²)	Categorías
300 < MR < 500	S1
500 < MR < 700	S2
700 < MR < 1000	S3
1000 < MR < 1500	S4
MR > 1500	S5

Fuente: (MONTEJO, 2010)

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Recopilación de información.

Una vez designado el proyecto se procedió a recopilar información preliminar del sitio donde se va a realizar los estudios del suelo en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja.

La investigación está referida a las Normas Ecuatorianas Vial (NEVI-12), la cual ha sido generada a raíz de la iniciativa de la revisión, actualización y complementación de las ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN DE CAMINOS Y PUENTES MOP-001-F 2002.

Una fuente en la obtención de información que se tuvo fue la que brindó la institución pública el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal del Cantón Loja, acerca de las Canteras de la ciudad.

3.2 Visita de campo de la zona de estudio.

Partiendo del Mapa Geológico de la Ciudad de Loja, se realizó conjuntamente con los Directores de la tesis, la visita del lugar en donde se va a realizar el estudio y análisis de los materiales de subrasante, se definió el área de estudio del polígono “Zamora Huayco”, en la cual para cada sector se describió su respectivo número de pozo.

Cabe destacar que en la visita de campo se puso énfasis en identificar la ubicación de cada pozo, ya que no se pudo acceder a todos los lugares del polígono designado; esto se debió a la dificultad del terreno tanto geográficos y topográficos de la zona de estudio.

3.4 Delimitación de la zona de estudio.

Partiendo del mapa topográfico a escala 1:30000 denominado - Mapa Geológico de la Ciudad de Loja -, se delimitó el área de estudio del polígono - ZAMORA HUAYCO -, que está ubicado en las siguientes coordenadas del DATUM PSAD 56. Ver Figura 3.1

Coordenadas del polígono en estudio.

A (702000.00E; 9558798.65N).	F (699000.00E; 9554000.35N).
B (702000.00E; 9554372.67N).	G (700000.00E; 9554000.00N).
C (700751.15E; 9554372.67N).	H (700000.49E; 9554999.09N).
D (700751.15E; 9553061.54N).	I (701000.00E; 9555000.00N).
E (699000.00E; 9553061.54N).	J (701000.00E; 9558798.65N).

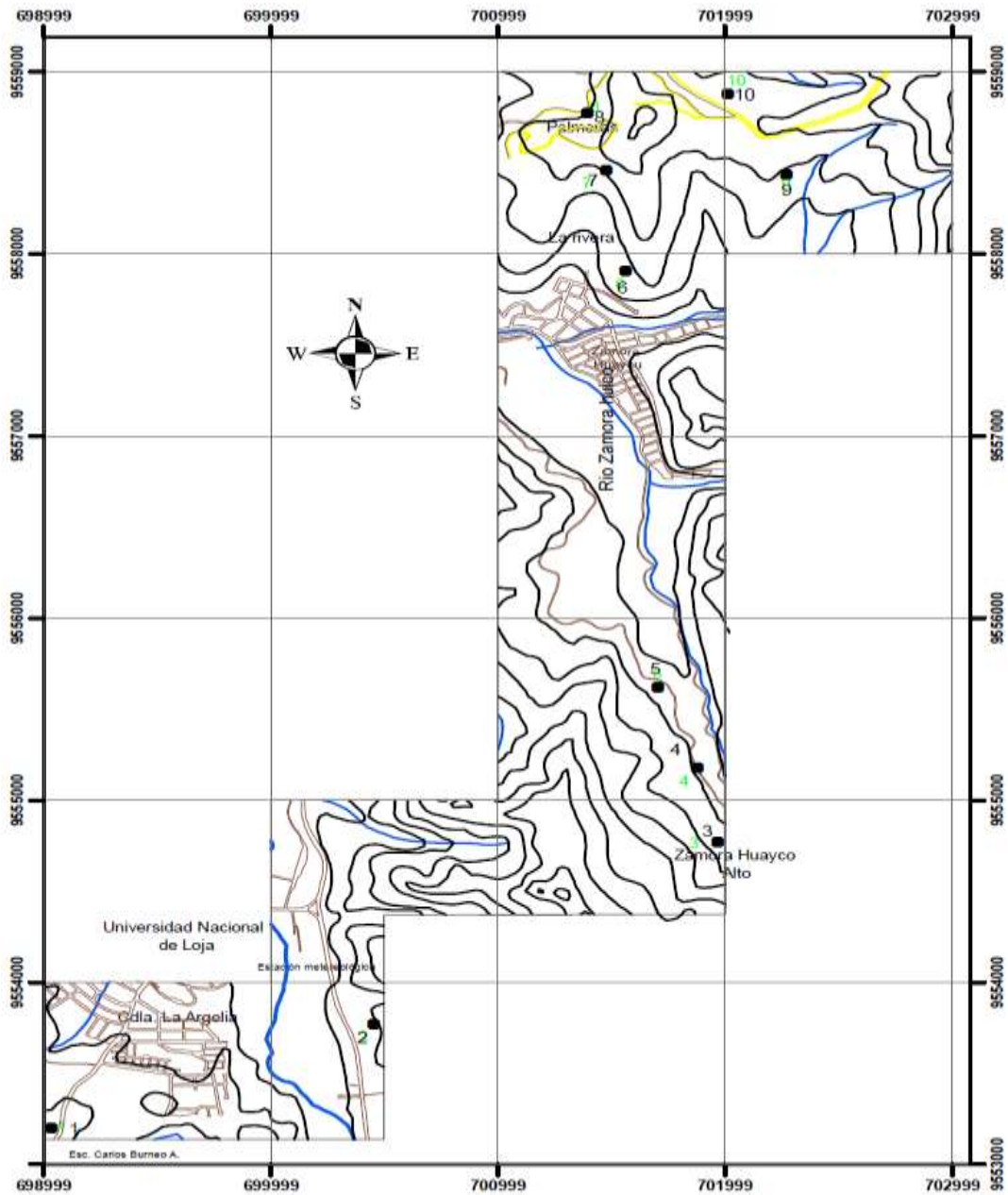


Figura 6: Perímetro del polígono - YANACocha - DATUM PSAD 56

Fuente. García, W. (2014)

3.4 Identificación y ubicación de los puntos de muestreo por áreas y coordenadas.

Se identifica los puntos con ayuda de un GPS, en los lugares donde se va a realizar el muestreo de las calicatas, las muestras inmediatamente se llevaran al laboratorio de la UTPL para ser ensayadas y analizadas. Las calicatas se las realizó cada 500 metros aproximadamente para el muestreo, y fueron ubicadas en el mapa base por sus coordenadas, con su debida descripción y con superficies de aporte para cada uno de las calicatas tal como se muestra en la, Tabla 3.2.

Tabla 8: Descripción, coordenadas, superficie de aporte para de los puntos de muestreo.

N°	Polígono	Coordenadas			Superficie (Ha)
		Y	X	Z	
1	Zamora Huayco	9553202	69035	2223	773.78
2		9553769	700455	2200	
3		9554769	701970	2185	
4		9555178	701880	2157	
5		9555619	701706	2150	
6		9557904	701563	2190	
7		9558455	701476	2244	
8		9558772	701395	2240	
9		9558436	702270	2238	
10		9558876	703014	2170	

Fuente. García, W. (2014)

3.5 Obtención de muestras de subrasante.

Para la clasificación de un suelo o para determinar sus propiedades en el laboratorio, se contó con muestras representativas de dicho suelo, realizándose un muestreo adecuado de cada calicata. En la investigación de campo se obtuvieron muestras alteradas.

Muestra alterada.

Una muestra alterada se define como aquella que ha sufrido una alteración tal que ha perdido la estructura que poseía in-situ. Para la obtención de las muestras alteradas se realizó el siguiente procedimiento:

- Excavaciones de los pozos a cielo abierto, se muestreo a la profundidad de (0.5, 1.00, 1,50) m Fotografía 3.1 ANEXO V.
- Registro de datos in-situ de la clasificación visual encontrada en el suelo de la calicata.
- Mediante el perfil del suelo, se obtiene las condiciones reales del suelo a la profundidad deseada.

3.6 Realización de ensayos de las muestras obtenidas.

Culminada la tarea de extracción de muestras y con el material en el laboratorio se precede a la ejecutar los ensayos, para esto se fundamenta en normas que permiten tener una idea clara y confiable para futuros diseños de obras aplicadas a vialidad.

En la realización de ensayos vamos a describir los dos tipos plasmados para esta investigación; los ensayos de campo in-situ y los ensayos de laboratorio descritos a continuación:

3.6.1 Ensayos de campo.

Los ensayos se los ejecuto in-situ, enfocándonos en la profundidad de 1.50 m de la calicata para el estudio de subrasante, los ensayos de campo que se cumplió para esta tesis son los que se detallan a continuación Tabla 9:

Tabla 9: Ensayos in situ para análisis de subrasante.

Ensayo de campo (in situ)	Norma	Descripción
Penetrómetro dinámico de cono (DCP).	ASTM D 6951-03	Se utiliza para realizar auscultaciones in situ, evalúa la resistencia que opone un suelo a ser penetrado por un cono de dimensiones normalizadas. La penetración se relaciona con la capacidad de soporte in situ del suelo.
Penetrómetro de bolsillo	ASTM D 2573-94	Determina la resistencia a la compresión inconfiada (qu) de las arcillas in situ, este ensayo de un valor muy crudo requiere correlaciones con otros ensayos.

Fuente. García, W. (2014)

3.6.2 Ensayos de laboratorio.

Las muestras llevadas al laboratorio, obtenidas a diferentes alturas de cada calicata se someten a los ensayos de contenido de humedad, límites de consistencia, granulometría, compactación y el CBR Tabla 10.

Tabla 10 : Ensayo de laboratorio para materiales de subrasante.

Ensayos de laboratorio	Norma	Descripción
Contenido de humedad	AASHTO T 265 – 93	Describe el procedimiento para determinar en laboratorio el contenido de humedad de un suelo.
Límite líquido (LL)	AASHTO T 89	Describe el procedimiento para determinar el límite líquido de un suelo, que es el contenido de agua que este tiene, cuando el suelo pasa del estado plástico al líquido.
Límite plástico (LP)	AASHTO T 90	Describe el procedimiento para determinar el límite plástico de un suelo, que es el bajo contenido de agua, en el cual el suelo sigue siendo plástico.
Análisis granulométrico	AASHTO T 88	Describe el procedimiento para determinar en el laboratorio cuantitativamente la distribución del tamaño de las partículas del suelo.
Densidad máxima y humedad óptima	AASHTO T 180	Describe el procedimiento para determinar la relación entre el contenido de humedad y la densidad de los suelos compactados.
Índice de Soporte de California (CBR)	AASHTO T-193	Describe el procedimiento para la determinación del índice de resistencia de los suelos, en condiciones de humedad y densidad, con el fin de evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante.
Módulo resiliente	AASHTO T 274	El Módulo de Resiliencia es una medida de la propiedad elástica de suelos, reconociéndole ciertas características no lineales.

Fuente. García, W. (2014)

3.7 Obtención del CBR de diseño.

Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasifican a la categoría de subrasante que pertenece el sector o subtramo, según la Tabla 2.

El CBR de diseño es un valor promedio del total de los valores analizados, Para encontrar este valor se procede de la siguiente manera; Ordenar de menor a mayor todos los valores de CBR, elaborar una gráfica de CBR vs Valores mayores o iguales, tomando en cuenta el tipo de tráfico que estará circulando en dichas obras de vialidad futuras, Tabla 3.12.

Tabla 11: Limites de diseño de subrasante

Clase de tránsito	Nivel de tránsito (N)	Valor del diseño %
Liviano	10^4 o menos	60%
Mediano	$10^4 - 10^6$	75%
Pesado	mayor de 10^6	87.50%

Fuente: (MONTEJO, 2010)

3.8 Correlación del CBR con el equipo DCP.

Se requiere de ensayos alternativos que determinen indirectamente resultados de CBRs, en el menor tiempo posible y que luego de procesados estadísticamente se infiera el valor de capacidad de soporte de diseño.

La correlación entre el CBR de laboratorio y el ensayo de Penetración Dinámico de Cono (DCP), nos da la posibilidad de obtener una fuente confiable que permita ser adaptada para el futuro diseño de obras de infraestructura vial de manera técnica.

Debido al número de muestras obtenidas en el trabajo de campo, se realizó la correlación del CBRs de laboratorio con el equipo DCP, para de esta manera corroborar los datos obtenidos en el laboratorio.

En algunos pozos de la zona de estudio se tomó datos con el equipo DCP de esta manera la logística de la correlación disponible nos brindara resultados.

Para la correlación entre la penetración por golpe y el CBR de laboratorio nos basamos en las siguientes ecuaciones que se muestran en la, Tabla 3.6, cuyos autores las recomiendan.

Tabla 12: Ecuaciones para la correlación del CBR de laboratorio con DCP.

Ecuación	Autor
$Log(CBR) = 2.465 - 1.12Log(DCP)$	Kleyn 1975
$Log(CBR) = 2.6637 - 1.314Log(DCP)$	Kleyn - Van Heerden 1983
$Log(CBR) = 2.7929 - 1.31Log(DCP)$	Harrison 1987

Fuente. García, W. (2014)

3.9 Elaboración de una base de resultados de las características de los materiales de subrasante.

Los resultados de los ensayos de laboratorio y la información obtenida de los ensayos de campo se sintetizan en un registro de sondeo geotécnico de acuerdo a la clasificación y un cuadro de resumen de acuerdo a la capacidad de soporte del suelo los cuales se encuentra en la sección de él CAPITULO IV.

A los ensayos de laboratorio y de campo, para obtener los parámetros de la caracterización físico-mecánica de la subrasante se muestran en las hojas de cálculo en el ANEXO I.

Se resume en imágenes fotográficas todo el proceso de ésta investigación en el ANEXO IV.

3.10 Estudio de materiales de cantera con el fin de mejorar las características físico – mecánicas del material de subrasante referente al polígono de estudio.

Los materiales que están presentes en la zona de investigación no cumplen con las exigencias mínimas de las especificaciones; por lo cual se establece que se podrá utilizar una capa de agregados no tratados según el MTOP.

El G.A.D municipal de Loja para obras de infraestructura vial utilizan como material de mejoramiento el suelo extraído de las siguientes canteras: Juan José Castillo y Zalapa.

Por encontrarse más cerca del polígono “Zamora Huayco” se ha optado por analizar el material de la cantera Juan José Castillo y esto se hace con fines económicos en lo que respecta a transporte.

Con fin de mejorar las características del suelo referente al polígono “Zamora Huayco”, se le realizó al material extraído de la cantera Juan José Castillo los mismos ensayos de laboratorio: contenidos de humedad, límites de atterberg, granulometrías, compactación y CBR, incluido en el ensayo de desgaste o abrasión NORMA AASTHO T 96.

Con relación a la Tabla 3.14, se hará una comparación con los grados de designación A, B, C, y D, por medio de la faja granulométrica, en la cual gráficamente se hace referencia a los rangos permisibles por la norma; con lo cual podemos verificar si los resultados obtenidos según el ensayo correspondiente de granulometría para la cantera Juan José Castillo están dentro de esta faja.

Tabla 13: Granulometría de agregados no tratados.

TAMIZ	Porcentaje en peso que pasa a través de los tamices de malla cuadrada			
	A	B	C	B
3" (76.2 mm)	100	--	--	--
2" (50.8 mm)	80 - 100	100	--	--
1" (25.4 mm)	55 - 85	75 - 95	100	100
3/8" (9.50 mm)	--	--	50 - 85	60 - 100
Nº4 (4.75 mm)	30 - 55	30 - 60	35 - 65	50 - 85
Nº200 (0.075 mm)	5 - 15	5 - 15	5 - 15	5 - 20

Fuente: (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

3.10.1 Ensayo de abrasión o desgaste, NORMA AASTHO T 96.

Los materiales que se usan en los pavimentos de carreteras deberán ser duros y resistir el desgaste debido al efecto del tránsito y a los efectos abrasivos internos de las cargas repetidas.

Este ensayo describe el procedimiento para determinar la dureza de los agregados y nos da una idea de la forma en la que se comportarán los agregado.

La máquina que se usa en la prueba de Los Ángeles consta de un cilindro de acero hueco, cerrado en ambos extremos y montado en ejes en posición horizontal, ensayada por la NORMA ASSTHO T 96. El porcentaje máximo de pérdida de peso de agregado sujeto a la prueba de los Ángeles se limita al 50 %.

Se determina la granulometría de la muestra de agregado para ensayos de acuerdo a la tabla de granulometría de las muestras para abrasión Tabla 3.15.

Se muestran los resultados del ensayo de abrasión realizados en el material de cantera tanto natural como el mejorado con material de río en el ANEXO III

Tabla 14: Material retenido en los tamices para determinar el tipo de método.

Pasante	Retenido	A (12 esferas) gr	B (11 esferas) gr	C (8 esferas) gr	D (6 esferas) gr
1 1/2"	1"	1250 ± 25			
1"	3/4"	1250 ± 25			
3/4"	1/2"	1250 ± 10	2500 ± 10		
1/2"	3/8"	1250 ± 10	2500 ± 10		
3/8"	1/4"			2500 ± 10	
1/4"	No. 4			2500 ± 10	
No. 4	No. 8				5000 ± 10
No. Esferas		12	11	8	6

Fuente. (DAS, Fundamentos de Ingeniería Geotécnica, 2001)

3.11 Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.

Los mapas geotécnicos constituyen un método en la Ingeniería Geológica para presentar información geológico – geotécnica con fines de planificación y usos del suelo; aportan datos sobre las características y propiedades del suelo de una determinada zona para evaluar su comportamiento y prever los problemas geológicos y geotécnicos.

En la realización de este tipo de mapas se debe trabajar en base a la información disponible, datos, importancia de los factores geológicos - geotécnicos. Los datos incluidos en los mapas geológicos permiten deducir información valiosa sobre las propiedades de los materiales.

Los mapas geotécnicos para aplicaciones específicas de la ingeniería geológica tienen diferente finalidad:

- Estudio previos o de visibilidad para selección de emplazamientos o trazados.
- Información para el proyecto y construcción de una obra.

Una de las principales aplicaciones de la cartografía geotécnica son los estudios de vialidad y la selección de alternativas para el trazado y construcción de obras lineales carreteras, puentes, etc.

3.11.1 Mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.

Para la elaboración del mapa de zonificación en función de la clasificación del suelo, se procedió a dar una denominación o código a las diferentes clases de suelo según la clasificación AASHTO Tabla 3.9.

Tabla 15: Códigos utilizados para la zonificación en función del tipo de suelo.

Código	CLASIFICACIÓN AASTHO
1	Fragmentos de rocas, gravas y arenas
2	Arenas finas
3	Gravas y arenas limosas o arcillosas
4	Suelos limosos
5	Suelos arcillosos

Fuente: García, W. (2014)

En la Tabla 3.10, se muestra los datos utilizados para la realización de la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo, con la finalidad de que el programa ArcGis tenga un mejor reconocimiento y por ende una adecuada proyección de cada lugar.

La simbología que se utilizó para la zonificación por clasificación de los suelos es referente a la norma AASTHO y se utiliza exclusivamente para identificar un tipo de suelo del otro y es la siguiente:

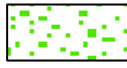
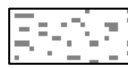
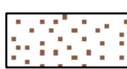
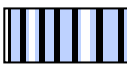


- Código 1 (Fragmentos de rocas, gravas y arenas): A-1-a  A-1-b 
- Código 2 (Gravas y arenas limosas o arcillosas): A-2-4 
- Código 4 (Suelos limosos): A-4 
- Código 5 (Suelos arcillosos): A-7-6  -6 

Tabla 16: Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación del suelo.

ID	LUGAR	COORDENADAS			Tipo Suelo (AASHTO)(Prof. 1.5m)	CÓDIGO
		Y	X	Z		
1	PUNZARA ALTO	9553202	699035	2223	Suelo arcilloso (A-6)	5
2	EL CAPULÍ	9553769	700455	2200	Suelo Limoso (A-4)	4
3	ZAMORA HUAYCO	9554769	701970	2185	Grava y arena arcillosa o limosa (A-2-4)	3
4	ZAMORA HUAYCO	9555178	701880	2157	Fragmento de roca, grava y arena (A-1-a)	1
5	ZAMORA HUAYCO	9555619	701706	2150	Suelo Limoso (A-4)	4
6	LA RIVERA	9557904	701563	2190	Suelo Arcilloso (A-6)	5
7	LA RIVERA	9558455	701476	2244	Suelo Arcilloso (A-6)	5
8	LAS PALMERAS	9558772	701395	2240	Suelo arcilloso (A-7-6)	5
9	LAS PALMERAS	9558436	702270	2238	Suelo Limoso (A-4)	4
10	SAN CAYETANO	9558876	702014	2170	Fragmento de roca, grava y arena (A-1-b)	1

Fuente: García, W. (2014)

3.11.2 Mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.

Para la elaboración de la propuesta de mapa de zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo, se procedió a dar un código a las diferentes clases de suelo según la categoría de Subrasante Tabla 3.11,

Tabla 17: Códigos utilizados para la zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo

Código	Categoría de Subrasante
S0	Subrasante inadecuada
S1	Subrasante pobre
S2	Subrasante regular
S3	Subrasante buena
S4	Subrasante muy buena
S5	Subrasante excelente

Fuente: García, W. (2014)

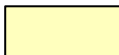
En la Tabla 3.12, se muestra los datos utilizados para la realización de la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.


Tabla 18 Datos utilizados en la propuesta de mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.

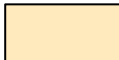
ID	LUGAR	COORDENADAS			CBR%(Prof. 1.5m)	CÓDIGO
		Y	X	Z		
1	PUNZARA ALTO	9553202	699035	2223	3	S1
2	EL CAPULÍ	9553769	700455	2200	11	S3
3	ZAMORA HUAYCO	9554769	701970	2185	26	S4
4	ZAMORA HUAYCO	9555178	701880	2157	39	S5
5	ZAMORA HUAYCO	9555619	701706	2150	7	S2
6	LA RIVERA	9557904	701563	2190	4	S1
7	LA RIVERA	9558455	701476	2244	1	S0
8	LAS PALMERAS	9558772	701395	2240	1	S0
9	LAS PALMERAS	9558436	702270	2238	3	S1
10	SAN CAYETANO	9558876	703014	2170	26	S4


Fuente: García, W. (2014)


Se debe resaltar que los colores utilizados para la zonificación por capacidad de soporte, son exclusivamente para identificar un tipo de suelo del otro.

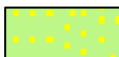
Código S0 (Subrasante inadecuada): 

Código S1 (Subrasante pobre): 

Código S2 (Subrasante regular): 

Código S3 (Subrasante buena): 

Código S4 (Subrasante muy buena): 

Código S5 (Subrasante excelente): 

Se muestran los resultados de la generación de los mapas de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo realizados de todas las calicatas en el ANEXO VI.

3.12 Generación de la memoria técnica.

Consiste en la redacción del documento final, donde se incluye gráficos o figuras, fotografías y tablas anexas.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1 Resultados.

Para obtener la caracterización físico-mecánica de los suelos del polígono “Zamora Huayco”, se realizó perforaciones en diferentes puntos del polígono, a continuación se indica los valores obtenidos de los ensayos realizados los cuales nos muestran un enfoque general de la caracterización de los suelos analizados en el Polígono, y la calidad de los suelos de subrasante en los diferentes pozos muestreados.

Para el análisis de resultados de todas las calicatas se realizó los siguientes cuadros de resumen donde se demuestran las variaciones de los parámetros más relevantes en la caracterización del suelo.

Cuadro 1. Variaciones entre los suelos por caracterización.

Calicatas del polígono "Zamora Huayco"			
Los suelos se encuentran entre los siguientes valores			
Profundidad (m)	Contenido de humedad (%)	Límite líquido (%)	Índice plástico (%)
0,5	8-43	26-46	6-37
1,0	7-28	18-38	3-22
1,5	7-27	17-44	6-25

Fuente: García, W. (2014)

Cuadro 2. Variaciones entre los suelos por capacidad de soporte.

Calicatas del polígono "Zamora Huayco"			
Los suelos de acuerdo a su capacidad portante se encuentran entre los siguientes valores			
Profundidad (m)	Proctor Modificado		CBR de lab.
	Densidad Seca Máxima Kg/m ³	Contenido óptimo de agua (%)	CBR al 95%
1,5	1781 - 2009	9.65 – 16.64	1 – 40

Fuente: García, W. (2014)

Cuadro 3. Resultados de la clasificación del suelo.

Calicatas del polígono "Zamora Huayco"			
Referente a la clasificación general de los suelos según la Norma AASTHO, se obtuvo los siguientes resultados			
Profundidad (m)	Constituyentes principales	Grupos y subgrupos	Índice de Grupo
0,5	Se tiene una gran mayoría de suelos arcillosos, esto quiere decir que más de 35% de suelos analizados paso el tamiz N° 200 teniéndose suelos finos.	Se tiene en su mayoría A-7-6 y A-6. Y en poca representación A-4 materiales limosos y A-1-b Fragmentos de rocas, gravas y arenas.	A-7-6 va de (6) a (40), y A-6 va de (1) a (8)
1,0	Se tiene una gran mayoría de suelos arcillosos, esto quiere decir que más de 35% de suelos analizados paso el tamiz N° 200 teniéndose suelos finos.	Se tiene en su mayoría A-6. Y en poca representación A-4 materiales limosos, A-2-4 / A-2-6 Gravas y arenas limosas o arcillosas y A-1-a Fragmentos de rocas, gravas y arenas.	A-6 va de (7) a (21)
1,5	Se tiene una gran mayoría de suelos arcillosos, esto quiere decir que más de 35% de suelos analizados paso el tamiz N° 200 teniéndose suelos finos.	Se tiene en su mayoría A-7-6 y A-6. Y en poca representación A-4 materiales limosos, A-2-4 Gravas y arenas limosas o arcillosas y A-1-a / A-1-b Fragmentos de rocas, gravas y arenas	A-6 va de (3) a (22), y A-7-6 de (21)

Fuente: García, W. (2014)

Cuadro 4. Requisitos de una subrasante.

Requisitos de una subrasante de buena calidad						
Los suelos deben cumplir estos 4 parámetros para ser considerados como material de subrasante						
Cantera Juan José castillo	a) Granulometría de agregados no tratados para mejoramiento.	b) Límites de Atterberg, pasan la Malla No.40, Norma ASTM D 4318, AASHTO T-27		c) Resistencia a la Abrasión de los Agregados Pétreos.	d) Relación de Carga California (CBR), Norma ASTM D-1883	Cumple
Requisitos	Por medio de la banda granulométrica, en la cual gráficamente se hace referencia a los rangos permisibles por la norma, ver apartado 3.9 Materiales de cantera	L. L.	I.P.	Porcentaje de Desgaste: 50% max.	Porcentaje de CBR>20%	
En su estado natural	Revisar ANEXO III ensayos de cantera en su estado natural, faja granulométrica	20%	4%	58%	21	NO CUMPLE
	No cumple	ok	ok	No cumple	ok	
Mejorado con material de rio	Revisar ANEXO III ensayos de cantera mejorada con material de rio, faja granulométrica	19%	3%	41%	36	CUMPLE
	ok	ok	ok	ok	ok	

Fuente: García, W. (2014)

Cuadro 5. Constituyentes Principales de la Subrasante

Constituyentes encontrados en la zona de estudio			
Fragmentos de roca, grava y arena.-	Grava y arena arcillosa o limosa.-	Suelos limosos.-	Suelos Arcillosos.-
Los subgrupos que se presentan son los siguientes A-1-a; A-1-b, son estratos de material granular de una compacidad firme.	El subgrupo que se presenta es el A-2-4, son materiales cuyo contenido de material fino es igual o menor del 35% cuya fracción que pasa el tamiz número 40.	El grupo que se presenta es el A-4, son suelos limosos poco o nada plásticos, que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz número 200	El grupo que se presenta es el A-6 y el subgrupo A-7-6, El material típico de este grupo es la arcilla plástica, Por lo menos el 15% de estos suelos debe pasar el tamiz número 200,
Constituyen el 20% del total del suelo encontrado en el polígono Zamora Huayco.	Constituyen el 10% del total del suelo encontrado en el polígono Zamora Huayco.	Constituyen el 30% del total del suelo encontrado en el polígono Zamora Huayco.	Constituyen el 40% respectivamente del total del suelo encontrado en el polígono Zamora Huayco.

Fuente: García, W. (2014)

Cuadro 4.Resultados finales.


Análisis de resultados				
Resultados finales de los suelos de acuerdo a su capacidad portante				
Profundidad (m)	CBR de diseño (%)	Módulo resiliente (Mr)	CBR de la cantera (%)	Módulo resiliente de la cantera (Mr)
	Método de las frecuencias, y se lo diseño según el TRÁFICO MEDIANO al 75%	Por ser tan bajo el CBR de diseño no se lo considera adecuado y se propone un mejoramiento	Material de cantera Juan José castillo mezclado con material de rio	Considerado como material excelente para mejoramiento
1,5	3	4500 psi - 31.03 Mpa	36	15743, 30 psi - 108,55 Mpa

Fuente: García, W. (2014)

4.2 Clasificación del suelo.

Se elaboró una base de resultados (perfiles), en función del sondeo geotécnico y la información resumida de acuerdo a la clasificación de los materiales y su capacidad portante estudiados para cada uno de los pozos del polígono estudiado. Los cuales se presentan a continuación.

Clasificación del suelo mediante su caracterización geotécnica.

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO										Sondeo N°:	1	Hoja: 1 de 10		
INF-LAB-DGM-IC-009-2014														
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO".										Coordenadas N: 9553202 E: 0699035		Cota: 2223	Profundidad Final: 1,5m	
UBICACIÓN: ARGELIA - PUNZARA										Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----		FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014		
PROFUNDIDAD (m)	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 1	GRANULOM			LL	IP	W	Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo q_u (kg/cm ²)	PROFUNDIDAD (m)
					G	S	F							
---0,2			Capa vegetal, Suelo de color gris oscuro								Materia orgánica	-----		
-			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		4	26	70	28	11	18,5	A-6 (8)	-----		
---0,5			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		3	28	69	29	15	18,8	A-6 (10)	-----		
-			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		15	46	39	38	20	22,4	A-6 (3)	-----	1,26	
---1														
---1,5														
OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.										Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS		Ego. Wilson Armando García TESISTA		



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO				Sondeo N°: 3	Hoja: 3 de 10
INF-LAB-DGM-HC-009-2014					
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO"			Coordenadas N: 9554769 E: 0701970	Cota: 2185	Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO ALTO			Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014	

PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO				GRANULOM			LL	IP	W	Clasificación AASTHO	Materia orgánica	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo q_u (kg/cm ²)	PROFUNDIDAD (m)
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 3	G	S	F								
					%	%	%								
---0,2			Capa vegetal, Suelo de color gris oscuro												
-			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		17	44	39	35	12	20,7	A-6 (1)				
---0,5			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como suelos grava y arena limosa o arcillosa con contenido de humedad alto.												
-															
---1			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelos grava y arena limosa o arcillosa con contenido de humedad alto.		23	45	32	28	8	17,2	A-2-4 (0)				
-															
---1,5			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelos grava y arena limosa o arcillosa con contenido de humedad alto.		34	36	30	31	8	20,2	A-2-4 (0)			1,85	

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Inq. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Egdo. Wilson Armando Garcia TESISTA
--	--	--



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO				Sondeo N°: 4	Hoja: 4 de 10
INF-LAB-DGM-IC-009-2014					
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO"			Coordenadas N: 9555178 E: 0701880	Cota: 2157	Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO ALTO			Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014	


PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO										PROFUNDIDAD (m)			
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 4	GRANULOM			LL	IP	W		Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo <i>q_u</i> (kg/cm ²)
					G	S	F							
---0,2			Capa vegetal, color gris oscuro									Materia orgánica	-----	
			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como Suelo fragmentos de roca, grava y arena con contenido de humedad bajo.									A-1-b (0)	-----	
---0,5			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como Suelo fragmentos de roca, grava y arena con contenido de humedad bajo.									A-1-a (0)	-----	
---1			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como Suelo fragmentos de roca, grava y arena con contenido de humedad bajo.									A-1-a (0)	-----	1,31
---1,5														

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Ego. Wilson Armando García TESISISTA
--	--	---



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO				Sondeo N°: 6	Hoja: 6 de 10
INF-LAB-DGM-IC-009-2014					
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO".			Coordenadas N: 9557904 E: 0701563	Cota: 2190	Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO - LA RIVERA			Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014	

PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO				GRANULOM			LL	I P	W	Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo <i>q_u</i> (kg/cm ²)	PROFUNDIDAD (m)
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 6	G	S	F							
					%	%	%							
---0,2			Capa vegetal, Suelo de color negro								Materia orgánica	-----		
-			Suelo de gris claro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alta.		3	33	64	32	14	16,8	A-6 (8)	-----		
---0,5			Suelo de color gris oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad media.											
-			Suelo de color café oscuro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad media.		11	28	61	28	13	11,3	A-6 (7)	-----		
---1														
-														
---1,5					22	23	55	27	12	13,1	A-6 (5)	-----	2,25	

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Egdo. Wilson Armando García TESISTA
--	--	--



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO				Sondeo N°: 7	Hoja: 7 de 10
INF-LAB-DGM-IC-009-2014					
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO".			Coordenadas N: 9558455 E: 0701476	Cota: 2244	Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO - PALMERAS			Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014	

PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO				GRANULOM			LL	IP	W	Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo q_u (kg/cm ²)	PROFUNDIDAD (m)
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 7	G	S	F							
					%	%	%							
--0,2			Capa vegetal, café oscuro								Materia orgánica	----		
-			Suelo de color café claro , clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		0	7	93	65	37	43	A-7-6 (40)	----		
--0,5			Suelo de color café claro , clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		0	7	93	38	22	26,5	A-6 (21)	----		
-			Suelo de color gris claro , clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		0	5	95	38	23	24,7	A-6 (22)	----	1,93	
--1														
--1,5														

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Egdo. Wilson Armando García TESISISTA
--	--	--



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO		Sondeo N°: 8	Hoja: 8 de 10
INF-LAB-DGM-IC-009-2014			
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO".		Coordenadas N: 9558772 E: 0701395	Cota: 2240 Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO - PALMERAS		Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014

PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO										PROFUNDIDAD (m)			
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 8	GRANULOM			LL %	IP %	W %		Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo q_u (kg/cm ²)
					G	S	F							
---0,2			Capa vegetal, Suelo de color gris claro								Materia orgánica	----		
-			Suelo de color gris claro , clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		0	17	83	46	28	25	A-7-6 (23)	----		
---0,5			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		1	20	79	36	19	19,8	A-6 (15)	----		
-			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		0	17	83	44	25	27,7	A-7-6 (21)	----	0,98	
---1														

---1,5														

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Egdo. Wilson Armando García TESISTA
--	--	--



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO		Sondeo N°: 9	Hoja: 9 de 10
INF-LAB-DGM-IC-009-2014			
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO"	Coordenadas N: 9558436 E: 0702270	Cota: 2238	Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO - PALMERAS	Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014	

PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO										PROFUNDIDAD (m)			
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 9	GRANULOM			LL	IP	W		Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo $q_u(kg/cm^2)$
					G	S	F							
---0,2			Capa vegetal, Suelo de color gris claro								Materia orgánica	----		
-			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como suelo limoso con contenido de humedad medio.		2	35	63	24	8	14,5	A-4 (6)	----		
---0,5			Suelo de color azul marino, clasificado por la norma como suelo limoso con contenido de humedad medio.		0	30	70	23	8	14,1	A-4 (7)	----		
-			Suelo de color azul marino, clasificado por la norma como suelo limoso con contenido de humedad alto.		10	10	80	28	10	18,6	A-4 (9)	----	2,25	
---1														

---1,5														

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Egdo. Wilson Armando García TESISTA
--	--	--



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**


REGISTRO DE SONDEO GEOTÉCNICO				Sondeo N°: 10	Hoj 1 de 10
INF-LAB-DGM-IC-009-2014					
PROYECTO: "Caracterización de los materiales de subrasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono "ZAMORA HUAYCO".			Coordenadas N: 9558876 E: 0702014	Cota: 2170	Profundidad Final: 1,5m
UBICACIÓN: ZAMORA HUAYCO - PALMERAS			Nivel Freático Inicio: ---- Fin: ----	FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014	

PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOLOGICO										PROFUNDIDAD (m)			
	PERFIL	SIMBOLOGÍA AASTHO	DESCRIPCIÓN	CALICATA 10	GRANULOM			LL	IP	W		Clasificación AASTHO	N. FREÁTICO	Esfuerzo de Ruptura a Compresión Axial no confinada - Penetrómetro de Bolsillo q_u (kg/cm ²)
					G	S	F							
---0,2			Capa vegetal, Suelo de color gris claro								Materia orgánica	-----		
-			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como suelo arcilloso con contenido de humedad alto.		0	31	69	41	18	22,5	A-7-6 (11)	-----		
---0,5			Suelo de color gris claro, clasificado por la norma como grava y arena arcillosa o limosa con contenido de humedad medio.		23	49	28	25	11	13,7	A-2-6 (0)	-----		
-			Suelo de color café claro, clasificado por la norma como fragmentos de roca grava y arena con contenido de humedad medio.		41	40	19	26	6	13,1	A-1-b (0)	-----	2,25	
---1														

---1,5														

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.	Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS	Egdo. Wilson Armando García TESISTA
--	--	--

Clasificación del suelo por su capacidad de soporte.

		DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS							
CUADRO DE RESUMEN DEL VALOR SOPORTE O RESISTENCIA DEL SUELO						Sondeos N°: 10	Hoja 1 de 1		
INF-LAB-DGM-IC-009-2014									
PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL									
UBICACIÓN: POLIGONO "ZAMORA HUAYCO"						FECHA DE SONDEO /Abril - Agosto/ 2014			
Pozo	Registro Geológico		Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	Humedad óptimo (%)	CBR de lab. %	Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) %	Modulo Resiliente (Mr de lab)		DESCRIPCIÓN
	Profun. de la Subr. (m)	COMPACTACIÓN					psi	Mpa	
1	1,5		1,946	13,05	3	6			La categoria de la subrasante se la considera como Pobre
2	1,5		2,004	11,66	11	9			La categoria de la subrasante se la considera como Buena
3	1,5		1,936	12,91	26	8			La categoria de la subrasante se la considera como Muy Buena
4	1,5		2,159	7,87	39	-----			La categoria de la subrasante se la considera como Excelente
5	1,5		2,006	10,26	7	-----			La categoria de la subrasante se la considera como Regular
6	1,5		2,009	11,14	4	52			La categoria de la subrasante se la considera como Pobre
7	1,5		1,781	16,64	1	-----			La categoria de la subrasante se la considera como Inadecuada
8	1,5		1,857	12,93	1	3			La categoria de la subrasante se la considera como Inadecuada
9	1,5		1,841	13,86	3	-----			La categoria de la subrasante se la considera como Pobre
10	1,5		1,993	9,65	26	32			La categoria de la subrasante se la considera como Muy Buena
CBR DE DISEÑO					3	-----	4500,00	31,03	
OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.					Ing. Angel Tapia Chavez DIRECTOR DE TESIS			Edo. Wilson Armando Garcia R. TESISISTA	

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones.

Como resultado de la presente investigación, se podrán establecer las siguientes conclusiones:

- Los suelos analizados y estudiados en lo que corresponde a los ensayos de clasificación según la norma AASHTO, se tiene en la mayoría suelos A-7-6 y A-6, clasificados por la norma como suelos arcillosos con contenido de humedad alto.
- Las condiciones de los suelos a nivel de subrasante en los ensayos CBR al 95% de la densidad seca máxima, nos da valores entre (1 y 12) % en su mayoría valores de entre (2 y 3) %, dándonos como resultado un CBR de diseño de 3%.
- Se realizó el análisis del material de mejoramiento de la cantera Juan José Castillo para el polígono “Zamora Huayco”, esto significa que la zona de estudio tiene la categoría de una subrasante inadecuada para implantar una estructura de pavimento.
- Con el DCP se puede obtener importante información sobre la compactación de un suelo a un bajo costo y en corto tiempo.
- Los suelos arcillosos son indeseables en el paquete estructural de un pavimento y, desde luego. Sin embargo, razones constructivas y económicas obligan a una cierta presencia de suelos finos, la cual debe ser mínima y cuidadosamente tratada.
- Los trabajos de prospección geotécnica ha constituido en la ejecución de calicatas, ensayos de penetración estándar y especialmente ensayos de laboratorio. La evaluación de toda esta información ha permitido definir cuatro constituyentes principales: Fragmentos de roca, grava y arena; Grava y arena arcillosa o limosa; Suelo limoso y Suelo arcilloso.
- Los mapas de zonificación realizados para planificación del territorio son mapas generales integrados que aportan información sobre diversos aspectos geológico – geotécnicos para variadas aplicaciones de la ingeniería geotécnica, como planificación regional, local o urbana.

Recomendaciones.

- Futuros trabajos de investigación deben orientarse a ensayos indirectos que evalúen la capacidad de soporte del terreno de subrasante y que permita mayores y mejores datos obtenidos para una mejor correlación de resultados.
- Intensificar los trabajos de evaluación de los ensayos de laboratorio para que reduzca la incertidumbre existente en la veracidad de los datos.
- Se recomienda la determinación del correcto valor de capacidad de soporte con fines de diseño.
- Se recomienda determinar la resistencia de la subrasante bajo la condición más húmeda que se espere, una vez que el pavimento se encuentre en servicio.
- La subrasante natural para alcanzar los niveles de fundación del proyecto deberán compactarse a un mínimo del 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor modificado.
- Se recomienda mapas de zonificación los cuales resultan de gran importancia en lo referente a la caracterización física- mecánica del suelo, aportando información sobre procesos útiles en las obras de ingeniería, tales como: Predicciones de procesos de erosión, movimiento de laderas, etc.
- Para el cálculo del CBR de diseño se determinan áreas homogéneas en la cual predomina cada tipo de suelo, teniendo en cuenta el tránsito de proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- **CRESPO VILLALAZ.** 2004. Mecánica de Suelos y Cimentaciones; Quinta edición. Editorial Limusa - Noriega
- **DAS BRAJA.** 2001. Fundamentos de Ingeniería Geotécnica; Editorial Thomson International, México.
- **DAS BRAJA.** 2006. Principios de Ingeniería de Cimentaciones; Quinta edición. Editorial Thomson International, México.
- **JIMÉNEZ MORENO., GARCÍA FELIPE., CRUAÑEZ GEGOÑA.** 2007. Sistema y análisis de la información geográfica; Manual de autoaprendizaje con ArcGis 9.3; Primera edición. Editorial Alfaomega S.A de C.V., Madrid.
- **MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS MTOP-001-F 2002,** Ecuador —Quito 2002; —Especificaciones Generales para La Construcción de Caminos y Puentes.
- **MONTEJO FONSECA.** 2010. Ingeniería de Pavimentos; Tercera edición Tomo 1. Editorial Panamericana Formas e Impresas S.A., Colombia.
- **MINISTERIO DE TRANSPORTES Y COMUNICACIONES,** 2013. Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del Perú; —Manual De Diseño De Carreteras Pavimentadas De Bajo Volumen De Tránsito.
- **ASTM INTERNATIONAL,** Designación D 6951-03; —Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono en estructuras de pavimentos.
- **AASHTO - T 265;** —Contenido de Humedad
- **AASHTO –T89;** —Límites de Atterberg
- **AASHTO –T180;** —Compactación de Suelos.

- **AASTHO - T21;** —Análisis granulométrico.
- **AASHTO –T193;** —Relación de Soporte de California.
- **AASHTO – T96;** —Abrasión
- **BONIFAZ Hugo, TORRES Milton;** —Ingeniería de los suelos 2, Escuela Politécnica Del Ejército, Facultad de Ingeniería Civil.

ANEXOS I

ENSAYOS DE CALICATAS

C.H - LIMITES DE ATTERBERG - GRANULOMETRÍA- COMPACTACION- CBR- DCP

CALICATA 1



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UTPL**

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

LOCALIZ: PUNZARA

CALICATA: 1

SOLICIT: DIRECTOR DE TESIS

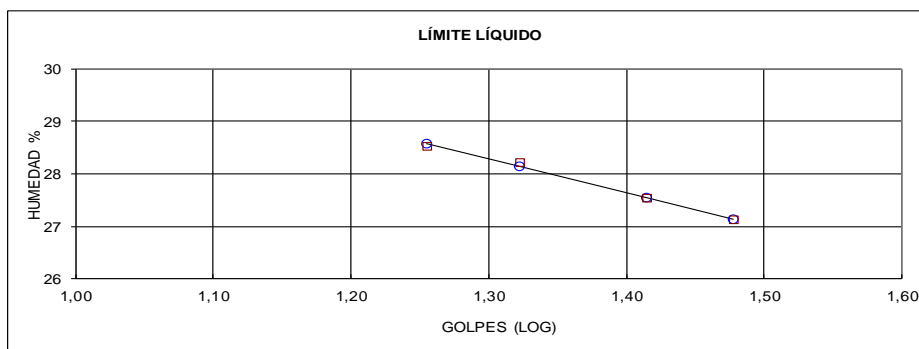
MUESTRA: 1

FECHA: ABRIL/2014 - Agosto/2014

PROFUNDIDAD: 0,5 m

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		292,20 302,30	256,40 265,52	63,63 65,45	18,57 18,38	18,48
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 21 26 30	90,07 60,97 74,14 71,88	86,20 57,07 70,11 68,25	72,64 43,25 55,48 54,87	28,54 28,22 27,55 27,13	27,66
3.- LÍMITE PLÁSTICO		59,30 54,91	59,08 54,74	57,75 53,71	16,54 16,50	16,52
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 533,90 (H/S) S			GRAVA 4			
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 533,90			ARENA 26			
			FINOS 70			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 28,00		
1"	0,00	0	100	LP = 17,00		
3/4"	0,00	0	100	IP = 11,00		
1/2"	7,95	1	99			
3/8"	12,26	2	98			
No. 4	23,33	4	96	CLASIFICACIÓN		
No. 10	33,00	6	94	SUCS : CL		
No. 40	51,03	10	90	AASHTO: A-6		
No. 200	159,92	30	70	IG(86): 8		
				IG(45): 7		



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-6)

OBSERVACIONES: La muestras son ensayadas por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UTPL**

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27

LOCALIZ: PUNZARA

CALICATA: 1

SOLICIT: DIRECTOR DE TESIS

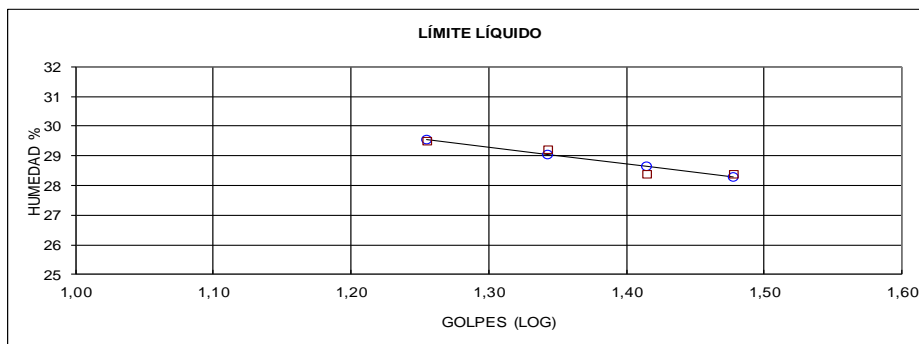
MUESTRA: 2

FECHA: ABRIL/2014 - Agosto/2014

PROFUNDIDAD: 1,00 m

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		290,69 285,26	255,58 251,22	69,57 69,69	18,88 18,75	18,81
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 22 26 30	85,31 78,69 75,31 84,99	80,77 74,36 71,10 81,04	65,38 59,54 56,28 67,12	29,50 29,22 28,41 28,38	28,73
3.- LÍMITE PLÁSTICO		54,15 56,11	54,00 55,95	52,91 54,80	13,76 13,91	13,84
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 534,44 (H/S)		S		GRAVA		3
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		534,44		ARENA		28
				FINOS		69
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 29,00		
1"	0,00	0	100	LP = 14,00		
3/4"	0,00	0	100	IP = 15,00		
1/2"	8,54	2	98	CLASIFICACIÓN SUCS : CL AASHTO: A-6 IG(86): 10 IG(45): 9		
3/8"	10,48	2	98			
No. 4	16,35	3	97			
No. 10	27,88	5	95			
No. 40	45,68	9	91			
No. 200	164,45	31	69			



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-6)

OBSERVACIONES: La muestras son ensayadas por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UTPL**

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

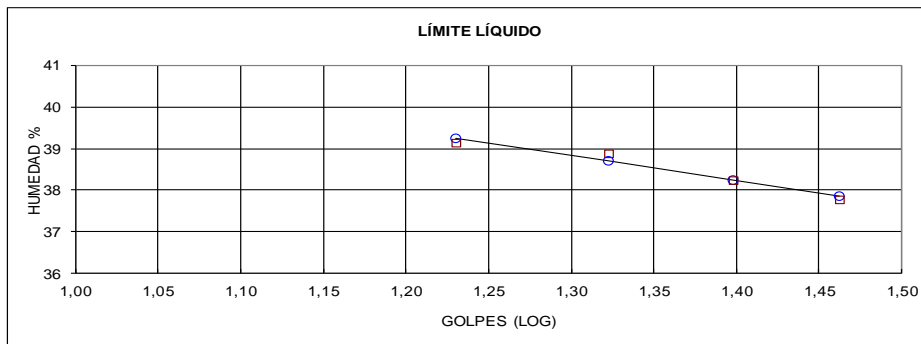
PROYECTO "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE
LOCALIZ: PUNZARA
SOLICIT: DIRECTOR DE TESIS
FECHA: ABRIL/2014 - Agosto/2014

NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27
CALICATA: 1
MUESTRA: 3
PROFUNDIDAD: 1,5 m
REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		367,56 367,14	310,90 310,65	59,71 57,44	22,56 22,31	22,43
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 21 25 29	85,83 76,69 72,69 70,93	81,56 72,44 68,48 66,41	70,65 61,51 57,47 54,45	39,14 38,88 38,24 37,79	38,25
3.- LÍMITE PLÁSTICO		62,38 55,36	62,20 55,19	61,21 54,25	18,18 18,09	18,13

4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN	
PESO IN=	542,42	(H/S)	S	GRAVA	15
PESO INICIAL DE CÁLCULO:			542,42	ARENA	46
				FINOS	39
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL =	38,00
1"	0,00	0	100	LP =	18,00
3/4"	0,00	0	100	IP =	20,00
1/2"	23,99	4	96		
3/8"	34,67	6	94	CLASIFICACIÓN	
No. 4	80,65	15	85	SUCS :	SC
No. 10	136,85	25	75	AASHTO:	A-6
No. 40	191,00	35	65	IG(86):	3
No. 200	329,75	61	39	IG(45):	3



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-6)

OBSERVACIONES: La muestras son ensayadas por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA : ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE
 LOCALZ : PUNZARA
 SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS
 CALICATA : 1
 FECHA : Octubre/13 - Agosto/2014

NORMA : AASHTO T 180-D
 COORDENDAS (Y-X): 9553202 / 699035
 PROFUND.: 1,50 m
 REALIZADO: Ego. Wilson Armando Garcia Romero

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE	
DIÁMETRO:	15,20 cm.
ALTURA:	11,6 cm
VOLUMEN :	2.105 cm3
PESO :	6.252 gramos

DATOS PARA LA CURVA:

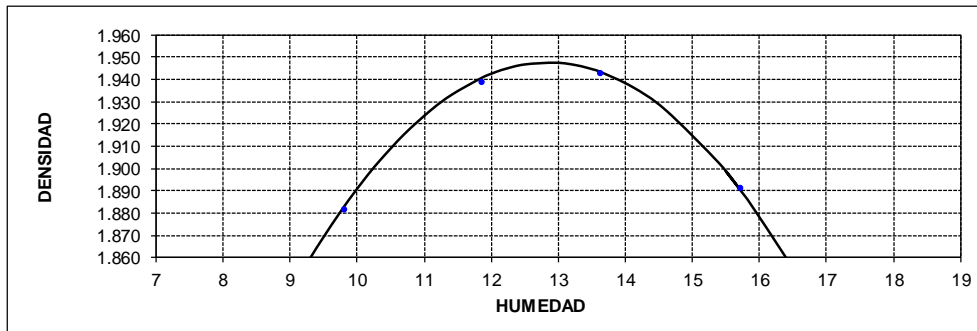
PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.600	10.814	10.901	10.858
Peso suelo:	4.348	4.562	4.649	4.606
Dens. Hum :	2.066	2.167	2.209	2.188

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	356,01	375,07	360,28	330,03	436,86	444,08	427,51	431,03
W. seco:	330,31	348,14	329,82	301,55	391,63	398,12	377,30	380,80
W. caps:	67,82	72,28	70,71	60,23	61,50	61,66	57,59	60,37
w (%) :	9,79	9,76	11,76	11,80	13,70	13,66	15,70	15,68
promedio	9,78		11,78		13,68		15,69	
Dens. Seca:	1.882		1.939		1.943		1.891	

RESULTADOS:

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.948 Kg/m3
 CONT. DE AGUA OPTIMO = 12,85 %



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Ego. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E ING. CIVIL
LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL
OBRA : ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE
LOCALZ : PUNZARA
SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS
CALICATA : 1
FECHA : Octubre/13 - Agosto/2014

NUMERO DEL MOLDE Nº	1	2	3
DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,22	15,22	15,22
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,65	12,65	12,63
ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,08	5,08	5,08

NORMA: ASTM 1883
COORDENADAS (Y-X): 9553202 / 699035
PROFUND.: 1,50 m
REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE Nº	U88		U2		2B	
	56		25		10	
Nº DE GOLPES POR CAPA						
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATUR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATUR.	DESP. SATUR.	ANTES SATUR.	DESP. SATUR.
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	11858	12010	11600	11861	11273	11642
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	6840	6840	6856	6856	6814	6814
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	5018	5170	4744	5005	4459	4828
VOLUMEN DE MUESTRA cm ³	2301,49	2301,49	2301,49	2301,49	2297,85	2297,85
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm ³	2,180	2,246	2,061	2,175	1,941	2,101

HUMEDAD	ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
	31	MS	13	4	36	MS1	U21	17	MS8	MS80	D80	U42
RECIPIENTE Nº												
PESO DEL RECIPIENTE gr.	64,10	61,52	62,28	61,74	37,62	57,45	69,64	63,08	57,38	59,43	61,76	58,57
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	407,65	404,48	421,43	429,83	389,37	411,36	427,17	424,90	405,64	394,53	402,23	389,70
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	368,16	365,12	372,35	379,53	349,03	370,72	372,24	370,08	365,60	356,16	344,80	332,89
PESO DE AGUA gr.	39,49	39,36	49,08	50,3	40,34	40,64	54,93	54,82	40,04	38,37	57,43	56,81
PESO DE MUESTRA SECA gr.	304,06	303,6	310,07	317,79	311,41	313,27	302,6	307	308,22	296,73	283,04	274,32
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	12,99	12,96	15,83	15,83	12,95	12,97	18,15	17,86	12,99	12,93	20,29	20,71
HUMEDAD PROMEDIO %	12,98		15,83		12,96		18,00		12,96		20,50	
DENSIDAD SECA gr/cm ³	1,930		1,939		1,825		1,843		1,718		1,744	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE Nº	U88	U2	2B
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	12010	11861	11642
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11858	11600	11273
PESO DE AGUA ABSORBIDA	152	261	369
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	3,03	5,50	8,28

DATOS DE ESPONJAMIENTO

FECHA	TIEMPO	MOLDE Nº U88			MOLDE Nº U2			MOLDE Nº 2B		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.
HORA	DÍAS	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
	1	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00
	2	181	1,81	1,43	286	2,86	2,26	452	4,52	3,58
	3	307	3,07	2,43	489	4,89	3,87	484	4,84	3,83
	4	389	3,89	3,08	522	5,22	4,13	503	5,03	3,98
	5	422	4,22	3,34	528	5,28	4,17	512	5,12	4,05

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

PENETR.	CARGAS	MOLDE Nº U88			MOLDE Nº U2			MOLDE Nº 2B				
		EN	TIPO	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
		plg.	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025				13,0	8,14		8,00	5,01		7,0	4,38	
0,050				27,0	16,90		17,00	10,64		16,0	10,01	
0,075				46,0	28,79		27,00	16,90		20,0	12,52	
0,100	1000			63,0	39,43	5,00	35,00	21,91	2,50	26,0	16,27	1,70
0,150				95,0	59,46		55,00	34,42		36,0	22,53	
0,200	1500			137,0	85,75	6,40	75,00	46,94	3,30	44,0	27,54	1,80
0,250				175,0	109,53		95,00	59,46		51,0	31,92	
0,300	1900			214,0	133,94		112,00	70,10		57,0	35,68	
0,400	2300			268,0	167,74		140,00	87,62		69,0	43,19	
0,500	2600			318,0	199,03		165,00	103,27		82,0	51,32	

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E ING. CIVIL
LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

**CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS
PROYECTO: NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE
INFRAESTRUCTURA VIAL**

OBRA : ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

LOCALZ. : PUNZARA

SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS

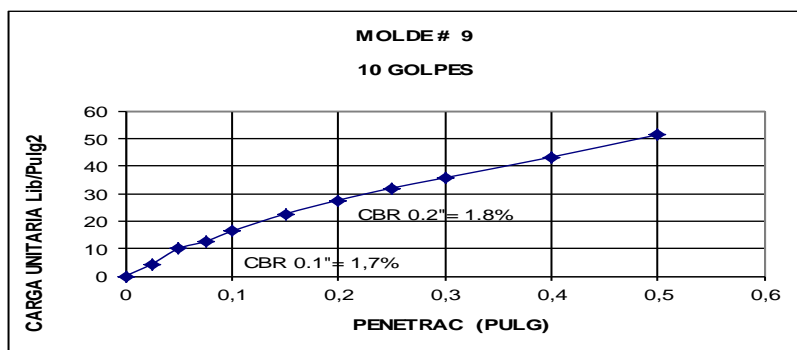
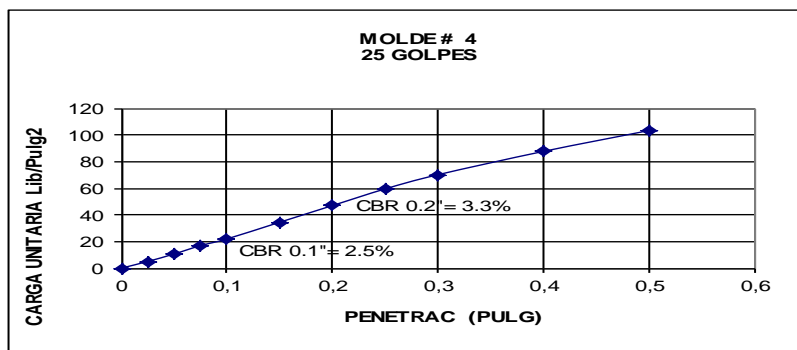
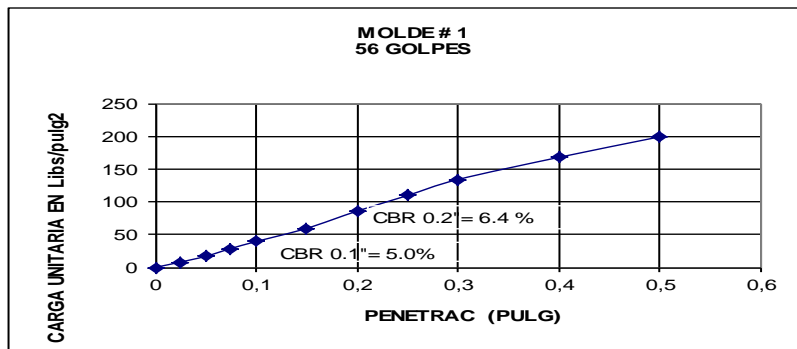
CALICATA : 1

PROFUNDIDAD: 1,50 m

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

FECHA: Octubre/13 - Agosto/2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



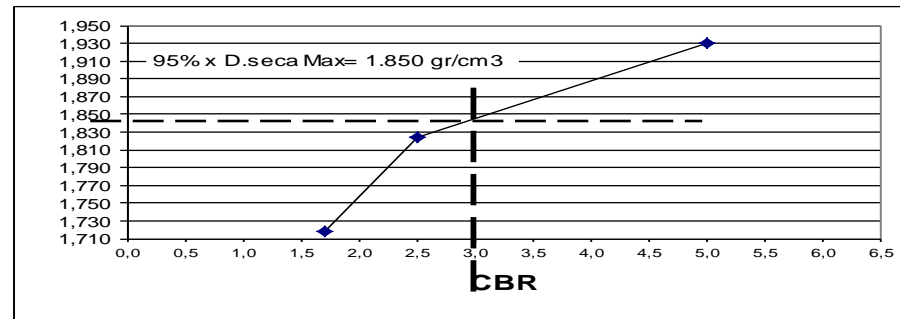
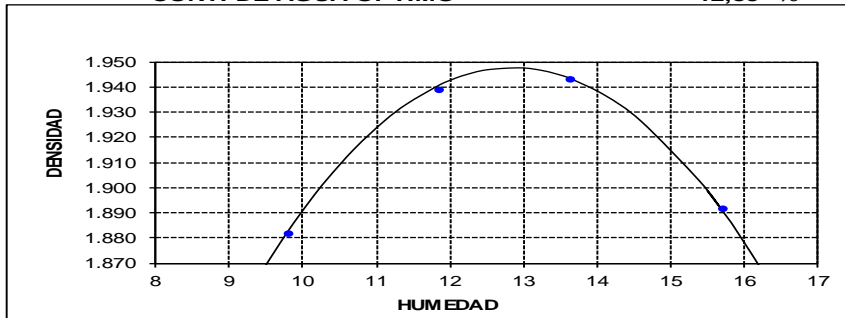
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E ING. CIVIL
LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA : ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE
 LOCALZ. : PUNZARA
 SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS
 CALICATA : 1
 FECHA : Octubre/13 - Agosto/2014
 PROFUNDIDAD: 1,50 m

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 1.948 Kg/m³
CONT. DE AGUA OPTIMO = 12,85 %



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 3%

# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX.
	0,1	0,2	
56	5,0	6,4	1,930
25	2,5	3,3	1,825
10	1,7	1,8	1,718

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA
EPARATAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UTPL

ENSAYO D.C.P - C.B.R.

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

Localización: ARGELIA - PUNZARA

Pozo: 1

Profundidad: 1,50

Valor mm/golpe : 33,54

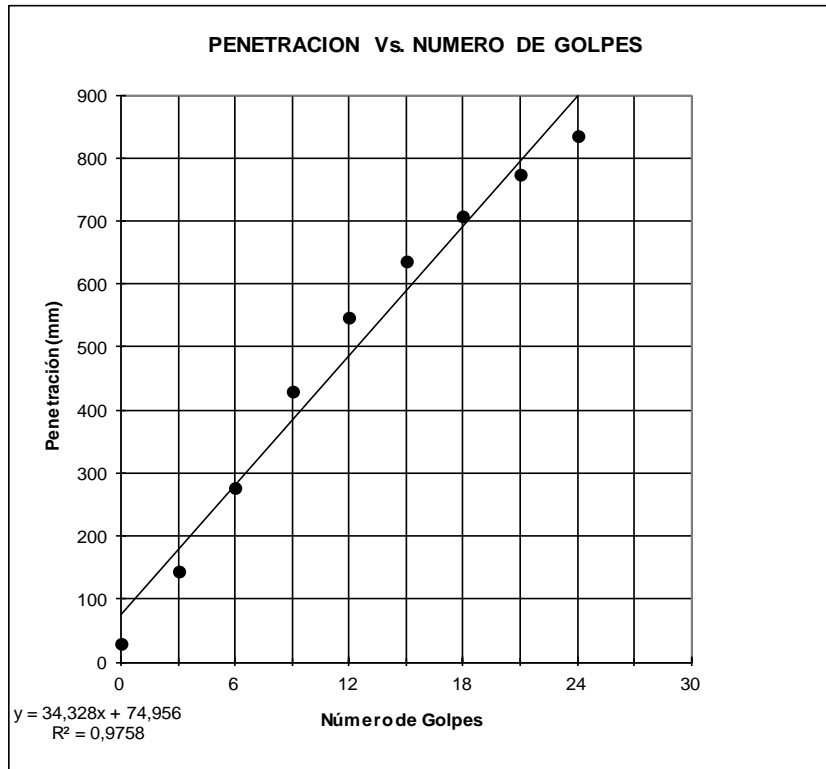
CBR (Kleyn 1975) = 5,9

CBR (Kleyn & Heerden 1983) = 4,6

CBR (Harrison 1987) = 6,2

Valor CBR Promedio: 5,6

Golpes Acumulados	Penetración (mm)
0	30,00
3	145,00
6	276,00
9	430,00
12	548,00
15	635,00
18	708,00
21	775,00
24	835,00



Observaciones: El ensayo es realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis, en el campo in-situ

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA

ANEXO II

CBR DE DISEÑO



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

CBR DE DISEÑO

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO : **CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'**

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

LOCALZ: POLIGONO ZAMORA HUAYCO

PROFUND.: 1.5 m

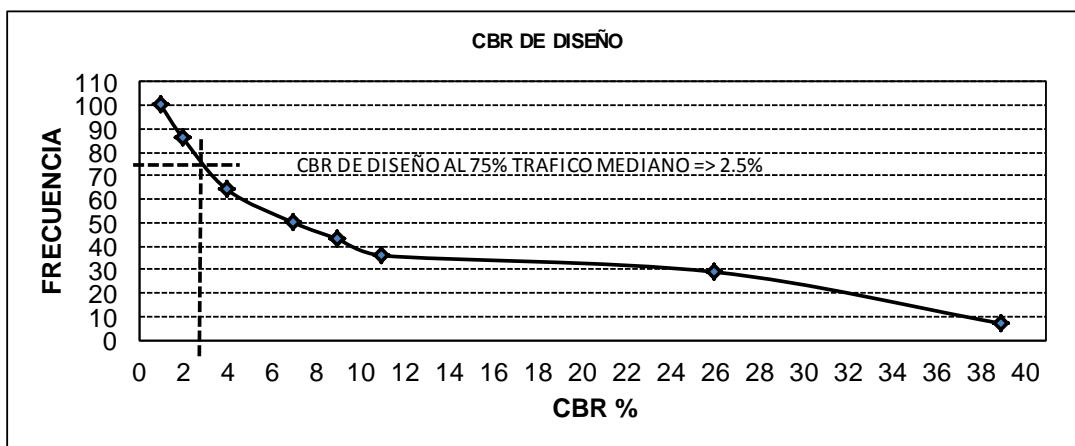
SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

FECHA: /ABRIL - AGOSTO/ 2014

CÁLCULO DEL CBR DE DISEÑO		
Valores de CBR	# de Valores CBR >=	FRECUENCIA
1	14	100
1		0
3	12	86
3		0
3		0
4	9	64
7	7	50
9	6	43
11	5	36
26	4	29
26		0
33	2	14
39	1	7

Valores de la Gráfica	
CBR	FRECUENCIA
1	100
2	86
4	64
7	50
9	43
11	36
26	29
39	7



Observaciones: El ensayo es realizado por el tesista bajo la dirección del director de tesis. El CBR de diseño del poligono ZAMORA HUAYCO, para un trafico de diseño liviano es de 2.5 %

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA

ANEXO III

ENSAYOS DE CANTERA JUAN JOSE CASTILLO

MATERIAL DE CANTERA EN SU ESTADO NATURAL



DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE LA CANTERA

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DEL MATERIAL DE LA CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

NORMA : ASTM D 4318, AASHTO T-27

LOCALIZAC : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

MUESTRA : 1

SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS

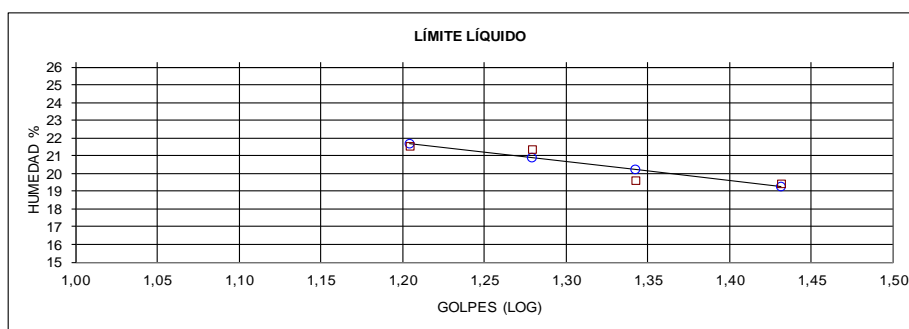
ABSISA: BANCO DE PRESTAMO

FECHA : ABRIL AGOSTO-2014

PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1.CONTENIDO DE AGUA		485,98 491,01	440,69 447,01	54,46 69	12 12	12
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 19 22 27	68,35 68,80 80,23 77,96	66,00 66,32 77,20 75,15	55,10 54,72 61,76 60,70	22 21 20 19	20
3.- LÍMITE PLÁSTICO		32,31 32,01	32,12 31,83	30,92 30,69	16 16	16
4.- GRANULOMETRÍA			5.- CLASIFICACIÓN			
PESO IN= 3570,27 (H/S) S			GRAVA 55			
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 3570,27			ARENA 44			
			FINOS 1			
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 20,00		
2"(50,8 mm)	0	0	100	LP = 16,00		
1 1/2(38.1mm)	84	2	98	IP = 4,00		
1"(25.4mm)	223	6	94			
3/4"(19.0mm)	507	14	86			
1/2"(12.50mm)	925	26	74			
3/8"(9.5mm)	1.315	37	63			
Nº4 (4.76mm)	1.960	55	45	CLASIFICACIÓN		
Nº10 (2.00mm)	2.519	71	29	SUCS : SM		
Nº40 (0.425mm)	3.009	84	16	AASHTO: A-1-a		
Nº200 (0.075mm)	3.524	99	1	IG(86): 0		
				IG(45): 0		



CLASIFICACIÓN AASHTO: Fragmentos de piedra grava y arena(A - 1 - a)

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia Romerc
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UCG**

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE LA CANTERA

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

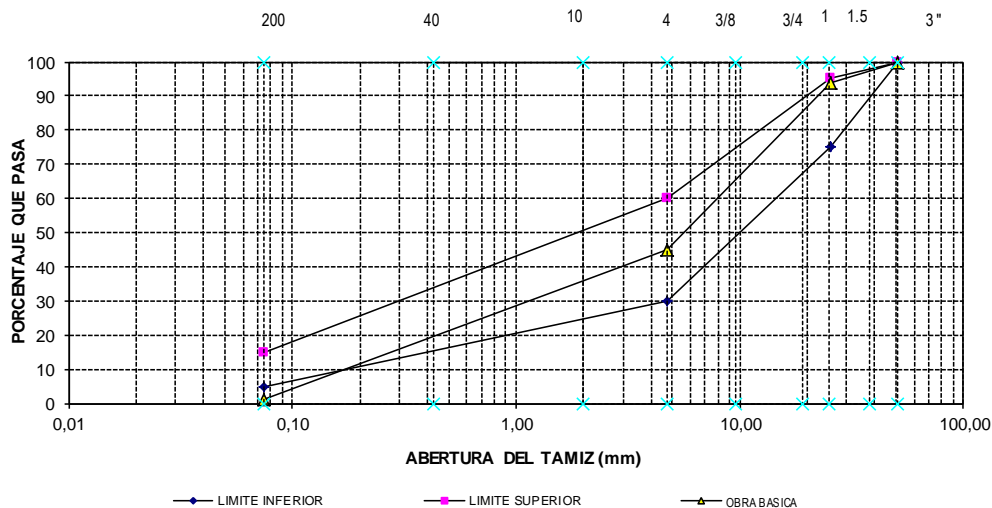
PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DEL MATERIAL DE LA CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO
 LOCALIZAC : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO
 SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS
 FECHA : ABRIL AGOSTO-2014

NORMA : ASTM D 4318, AASHTO T-27
 MUESTRA : 1
 ABSISA: BANCO DE PRESTAMO
 PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE
 REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

Tamiz mm	Peso Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
				Inferior	Superior
2"(50,8 mm)	0	0	100	100	100
1 1/2(38.1mm)	84,2	2	98		
1"(25.4mm)	222,8	6	94	75	95
3/4"(19.0mm)	507,1	14	86		
1/2"(12.50mm)	924,5	26	74		
3/8"(9.5mm)	1315,2	37	63		
Nº4 (4.76mm)	1960,3	55	45	30	60
Nº10 (2.00mm)	2518,62	71	29		
Nº40 (0.425mm)	3008,64	84	16		
Nº200 (0.075mm)	3523,75	99	1	5	15
FONDO	3562,1	100	0		
Total	3570,3				

CURVA GRANULOMÉTRICA PARA MEJORAMIENTO



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Suelos de la UT

Ing. Ángel Tapia Chávez.
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia Romero
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO : **CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'**

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO
LOCALZ: CANTERA "JUAN JOSE CASTILLO"
SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS
FECHA: /ABRIL - AGOSTO/ 2014

NORMA : AASHTO T 180-D
ABSISA: BANCO DE PRESTAMO
PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE
REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAIDA:	46,0	cm.

DATOS DEL MOLDE	2
DIÁMETRO:	15,20 cm.
ALTURA:	11,6 cm
VOLUMEN :	2.105 cm3
PESO :	6.290 gramos

DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	2%	4%	6%	8%
Peso comp.:	10.755	10.975	11.100	11.150
Peso suelo:	4.465	4.685	4.810	4.860
Dens. Hum :	2.121	2.226	2.285	2.309

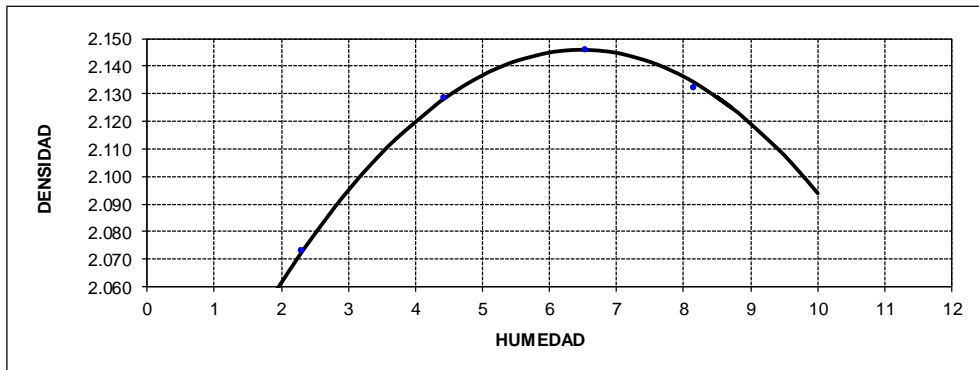
CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	500,43	496,66	469,83	490,66	437,48	434,76	464,57	438,00
W. seco:	490,16	487,00	451,78	471,71	414,24	411,56	434,01	408,15
W. caps:	56,26	61,77	55,48	57,60	57,39	52,60	59,43	52,74
w (%) :	2,37	2,27	4,55	4,58	6,51	6,46	8,16	8,40
promedio		2,32		4,57		6,49		8,28
Dens. Seca:		2.073		2.129		2.146		2.132

RESULTADOS:

DENSIDAD SECA MÁXIMA =
CONT. DE AGUA OPTIMO =

2.146 Kg/m3
6,48 %



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la direccion del director de tesis.

Ing. Angel Tapia
DIRECTORA DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PÁRTICULAS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

PROYECTO : 'CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE **NORMA:** AASHTO T 96 - 02
LOCALIZACIÓN: CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO **MUESTRA:** MATERIAL DE CANTERA EN SU ESTADO NATURAL
SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS **REALIZADO:** Egdo. Wilson Armando Garcia Romero.
FECHA: Abril/2014 - Agosto/2014

GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO

Tamices en (mm)				Masa de la muestra de ensayo en gramos			
Pasa		Retenido		Gradación			
mm	in	mm	in	A	B	C	D
37,5	(11/2)	25	(1)	1254			
25	(1)	19	(3/4)	1250			
19	(3/4)	12,5	(1/2)	1250			
12,5	(1/2)	9,5	(3/8)	1250			
9,5	(3/8)	6,3	(1/4)				
6,3	(1/4)	4,75	(N° 4)				
4,75	(N° 4)	2,36	(N°8)				
Total en (gr)				5004			

Número de esferas:	12	Masa de la carga abrasiva:	4956 gr
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):	5004 gr		
Masa de la muestra despues de 500 revoluciones (B):	2117 gr		
Valor de abrasión despues de 500 revoluciones (V):	57,7 %		

Valor de Abrasión en Porcentaje	$V = \frac{A - B}{A} * 100$	Requisitos de Desgaste a la Abrasión	Máximo 50%
---------------------------------	-----------------------------	--------------------------------------	---------------

Observación: No cumple con los requisitos de Desgaste de abrasion, el valor de abrasión sobrepasa al valor al maximo permitido por la norma por lo que se recomienda un mejoramiento con material de rio

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA

ENSAYOS DE CANTERA MEJORADA CON MATERIAL DE RIO



DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE LA CANTERA

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DEL MATERIAL DE LA CANTERA CASTILLO CON MATERIAL DE MEJORAMIE **NORMA** : ASTM D 4318, AASHTO T-27

LOCALIZAC : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

MUESTRA : 1

SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS

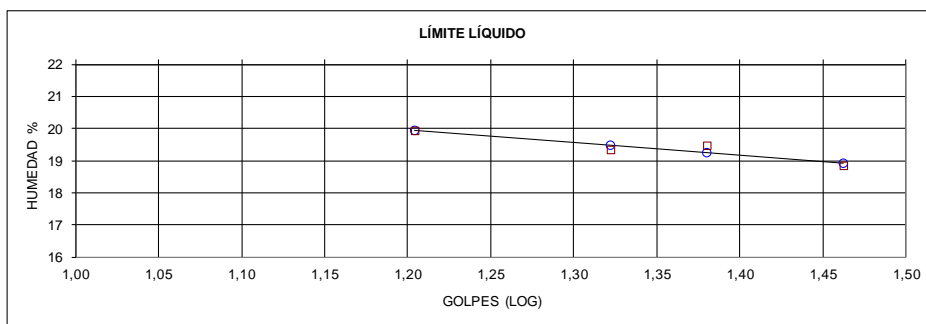
ABSISA: BANCO DE PRESTAMO

FECHA : ABRIL AGOSTO-2014

PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		485,96 491,58	461,69 467,91	54,46 69	6 6	6
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 21 24 29	81,25 75,76 72,52 74,72	78,01 73,32 69,68 71,97	61,77 60,70 55,09 57,38	20 19 19 19	19
3.- LÍMITE PLÁSTICO		32,31 32,01	32,12 31,83	30,92 30,69	16 16	16
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 4257,57 (H/S)		S		GRAVA 51		
PESO INICIAL DE CÁLCULO: 4257,57				ARENA 38		
				FINOS 11		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 19,00 LP = 16,00 IP = 3,00 CLASIFICACIÓN SUCS : SM AASHTO: A-1-a IG(86): 0 IG(45): 0		
2"(50,8 mm)	0	0	100			
1 1/2(38.1mm)	340	8	92			
1"(25.4mm)	870	20	80			
3/4"(19.0mm)	1.087	26	74			
1/2"(12.50mm)	1.455	34	66			
3/8"(9.5mm)	1.696	40	60			
N°4 (4.76mm)	2.152	51	49			
N°10 (2.00mm)	2.654	62	38			
N°40 (0.425mm)	3.336	78	22			
N°200 (0.075mm)	3.774	89	11			



CLASIFICACIÓN AASHTO: Fragmentos de piedra grava y arena(A - 1 - a)

OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia Romerc
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA Y MINAS E INGENIERIA CIVIL
LABORATORIOS UCG

ENSAYO DE CLASIFICACIÓN DE LA CANTERA

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO : "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL "

OBRA: ESTUDIO DE LA CANTERA CASTILLO CON MATERIAL DE MEJORAMIE NORMA : ASTM D 4318, AASHTO T-27

LOCALIZAC : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

MUESTRA : 1

SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS

ABSISA: BANCO DE PRESTAMO

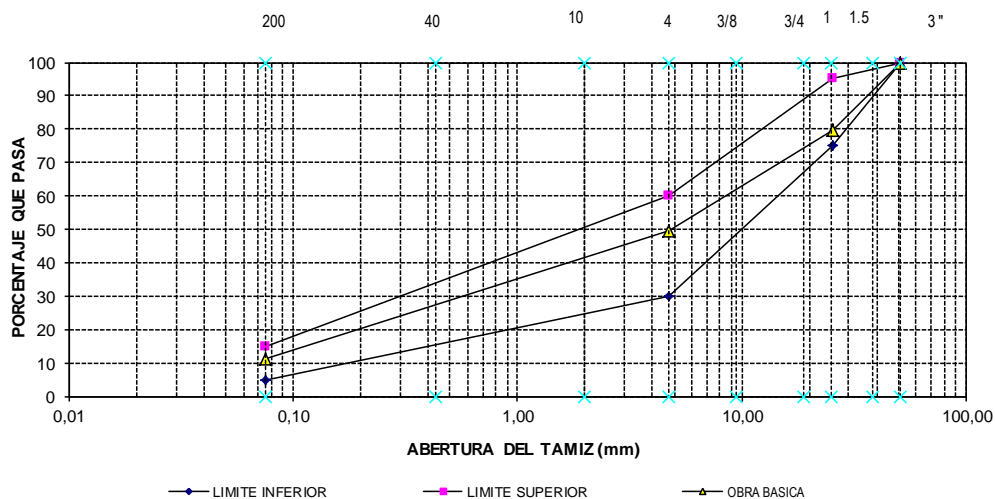
FECHA : ABRIL AGOSTO-2014

PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

Tamiz mm	Peso Acumulado	% Retenido	% Que Pasa	ESPECIFICACIÓN	
				Inferior	Superior
2"(50,8 mm)	0	0	100	100	100
1 1/2(38.1mm)	339,8	8	92		
1"(25.4mm)	870,2	20	80	75	95
3/4"(19.0mm)	1087,0	26	74		
1/2"(12.50mm)	1455,4	34	66		
3/8"(9.5mm)	1695,6	40	60		
N°4 (4.76mm)	2152,3	51	49	30	60
N°10 (2.00mm)	2653,87	62	38		
N°40 (0.425mm)	3336,46	78	22		
N°200 (0.075mm)	3774,41	89	11	5	15
FONDO	3805,9	89	11		
Total	4257,6				

CURVA GRANULOMÉTRICA PARA MEJORAMIENTO



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el tesista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Suelos de la UTP

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia Romero
TESISTA



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL**

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA: MATERIAL DE LA CANTERA CASTILLO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO
LOCALZ : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO
SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS
FECHA : Octubre/13 - Agosto/2014

NORMA : AASHTO T 180-D
ABSISA: BANCO DE PRESTAMO
PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE
REALIZADO: Ego. Wilson Armando Garcia Romero

NORMA ENSAYO:	T-180-D	
GOLPES/CAPA:	56	
No. DE CAPAS:	5	
PESO MARTILLO:	4,5	Kg.
ALT. DE CAÍDA:	46	cm.

DATOS DEL MOLDE	
DIÁMETRO:	15,22 cm.
ALTURA:	11,56 cm
VOLUMEN :	2.103 cm3
PESO :	6.252 gramos

DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	2%	4%	6%	8%
Peso comp.:	10.858	11.130	11.238	11.200
Peso suelo:	4.606	4.878	4.986	4.948
Dens. Hum :	2.190	2.319	2.371	2.353

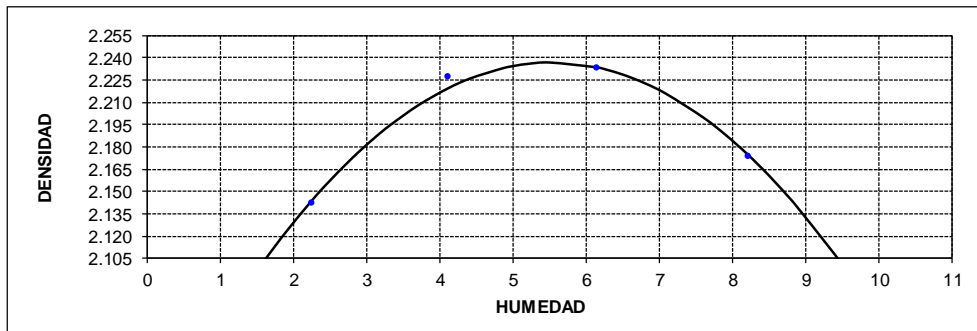
CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	525,39	544,86	520,93	501,63	413,05	524,39	522,23	539,72
W. seco:	515,26	534,23	502,60	484,14	393,90	496,45	486,63	503,36
W. caps:	57,34	57,36	60,44	53,87	68,57	58,18	51,29	64,57
w (%) :	2,21	2,23	4,15	4,06	5,89	6,38	8,18	8,29
promedio	2,22		4,11		6,13		8,23	
Dens. Seca:	2.142		2.228		2.234		2.174	

RESULTADOS:

DENSIDAD SECA MÁXIMA =
CONT. DE AGUA OPTIMO =

2.237 Kg/m3
5,53 %



OBSERVACIONES: La muestra es ensayada por el testista bajo la dirección del Director de Tesis, en el laboratorio de Suelos de la UTPL.

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Ego. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E ING. CIVIL
LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA: MATERIAL DE LA CANTERA CASTILLO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO LOCALZ : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO
SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS

#####

FECHA : Octubre/13 - Agosto/2014

NUMERO DEL MOLDE N°	4	5	6
DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,2	15,21	15,21
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	13,13	13,12	13,13
ALTURA DEL ALZA: (cm)	4,78	4,78	4,78

NORMA: ASTM 1883

ABSISA: BANCO DE PRESTAMO

PROFUND.: NIVEL DE SUBRASANTE

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

ÍNDICE DE SOPORTE CALIFORNIA " C. B. R. "

MOLDE N°	4		5		6		
	56		25		10		
N° DE GOLPES POR CAPA							
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATUR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATUR.	DESP. SATUR.	ANTES SATUR.	DESP. SATUR.	
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	12338	12405	12412	12538	11960	12146
PESO DEL MOLDE + BASE	gr.	6799	6799	7087	7087	6870	6870
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	gr.	5539	5606	5325	5451	5090	5276
VOLUMEN DE MUESTRA	cm ³	2382,55	2382,55	2383,87	2383,87	2385,68	2385,68
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm ³	2,325	2,353	2,234	2,287	2,134	2,212

HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO		
		31	MS	13	4	36	MS1	U21	17	MS8	MS80	D80	U42
RECIPIENTE N°		31	MS	13	4	36	MS1	U21	17	MS8	MS80	D80	U42
PESO DEL RECIPIENTE.	gr.	58,17	52,59	57,39	61,75	59,42	59,53	58,17	59,54	53,70	57,45	52,58	61,76
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC.	gr.	441,47	448,29	474,22	461,50	433,50	439,60	416,44	446,25	419,74	425,71	454,34	451,64
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC.	gr.	423,14	427,46	450,81	439,04	413,17	421,07	393,09	421,39	402,34	405,58	422,34	421,05
PESO DE AGUA.	gr.	18,33	20,83	23,41	22,46	20,33	18,53	23,35	24,86	17,4	20,13	32	30,59
PESO DE MUESTRA SECA.	gr.	364,97	374,87	393,42	377,29	353,75	361,54	334,92	361,85	348,64	348,13	369,76	359,29
CONTENIDO DE HUMEDAD.	gr.	5,02	5,56	5,95	5,95	5,75	5,13	6,97	6,87	4,99	5,78	8,65	8,51
HUMEDAD PROMEDIO.	%	5,29		5,95		5,44		6,92		5,39		8,58	
DENSIDAD SECA.	gr/cm ³	2,208		2,221		2,119		2,139		2,025		2,037	

PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE N°	4	5	6
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	12405	12538	12146
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	12338	12412	11960
PESO DE AGUA ABSORBIDA	67	126	186
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	1,21	2,37	3,65

DATOS DE ESPONJAMIENTO

FECHA	TIEMPO	MOLDE N° U88			MOLDE N° U2			MOLDE N° 2B		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.
Y	EN	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%	mm x 10 ⁻²	LONGITUD mm	%
	1	0	0	0,00	0	0	0,00	0	0,00	0,00
	2	11	0,11	0,08	9	0,09	0,07	6	0,06	0,05
	3	25	0,25	0,19	32	0,32	0,24	25	0,25	0,19
	4	27	0,27	0,21	33	0,33	0,25	25	0,25	0,19
	5	29	0,29	0,22	33	0,33	0,25	28	0,28	0,21

DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

PENETR.	CARGAS	MOLDE N° U88			MOLDE N° U2			MOLDE N° 2B		
		LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
EN	TIPO	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²	plg x 10 ⁻⁴	lb/plg ²	lb/plg ²
0,025		18,0	60,83		15,00	50,69		3,0	10,14	
0,050		87,0	294,01		44,00	148,69		9,0	30,41	
0,075		148,0	500,16		69,00	233,18		13,0	43,93	
0,100	1000	199,0	672,51	144,0	97,00	327,80	43,0	20,0	67,59	11,5
0,150		307,0	1037,49		149,00	503,54		30,0	101,38	
0,200	1500	421,0	1422,74	160,0	202,00	682,65	52,0	41,0	138,56	13,5
0,250		526,0	1777,58		243,00	821,20		52,0	175,73	
0,300	1900	633,0	2139,18		285,00	963,14		63,0	212,90	
0,400	2300	815,0	2754,24		363,00	1226,73		86,0	290,63	
0,500	2600	936,0	3163,15		441,00	1490,33		109,0	368,36	

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E ING. CIVIL
LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA: MATERIAL DE LA CANTERA CASTILLO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO LOCALZ. : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

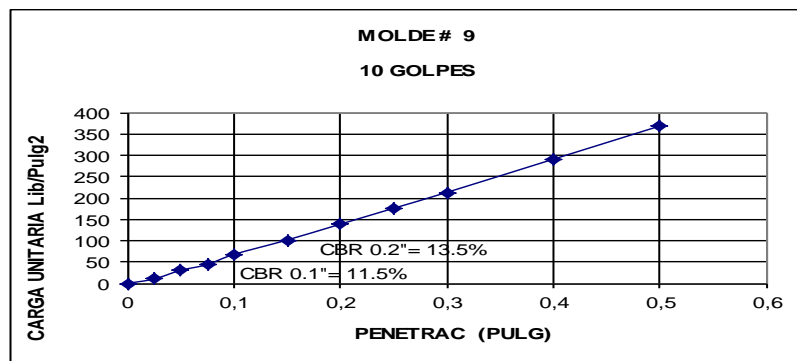
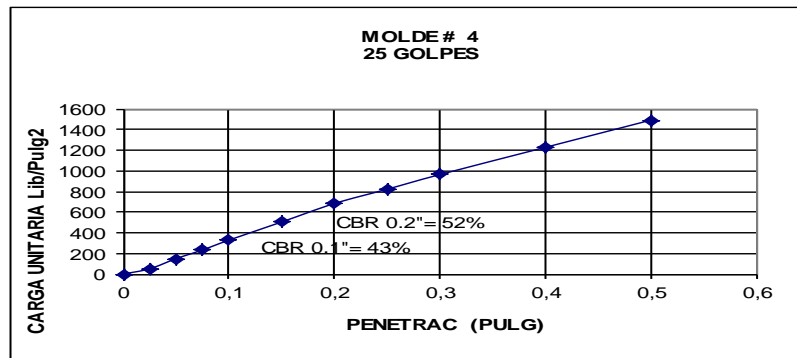
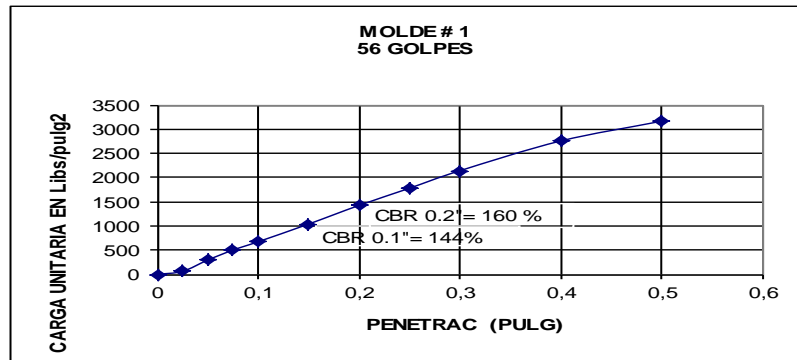
SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS

PROFUNDIDAD: NIVEL DE SUBRASANTE

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

FECHA: Octubre/13 - Agosto/2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E ING. CIVIL
LABORATORIOS MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

PROYECTO: CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL

OBRA: MATERIAL DE LA CANTERA CASTILLO CON MATERIAL DE MEJORAMIENTO

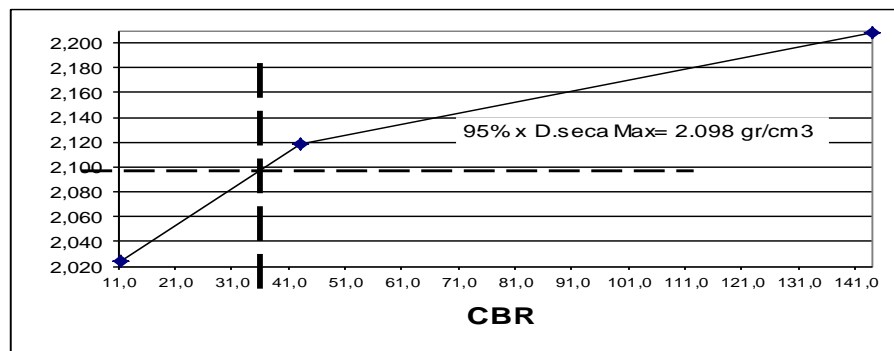
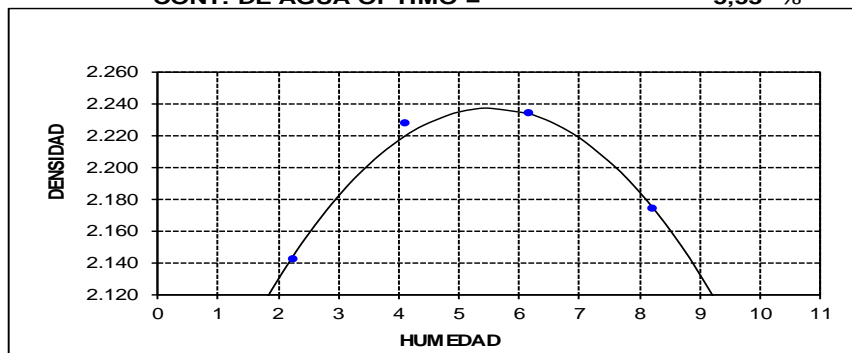
LOCALIZ. : CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

SOLICITADO : DIRECTOR DE TESIS

FECHA : Octubre/13 - Agosto/2014

PROFUNDIDAD: NIVEL DE SUBRASANTE

DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.237 Kg/m³
CONT. DE AGUA OPTIMO = 5,53 %



C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 35.5% = 36%

# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX.
	0,1	0,2	
56	144,0	160	2,208
25	43	52	2,119
10	11,5	13,5	2,025

OBSERVACIONES: El CBR de diseño se lo cálculo para 0.1 pulgadas de penetración al 95% del porcentaje de compactación.

Ing. Angel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia R.
TESISTA



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIOS DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL

DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PÁRTICULAS MENORES A 37.5 mm MEDIANTE EL USO DE LA MÁQUINA DE LOS ÁNGELES

PROYECTO : 'CARACTERIZACIÓN DE MATERIAL DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, EN OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL'

INF-LAB-DGM-IC-009-2014

OBRA: ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

NORMA: AASHTO T 96 - 02

LOCALIZACIÓN: CANTERA JUAN JOSÉ CASTILLO

MUESTRA: MATERIAL DE CANTERA MEJORADA 50% M. Cantera

SOLICITADO: DIRECTOR DE TESIS

CON MATERIAL DE RIO 50% M. Rio

FECHA: Abril/2014 - Agosto/2014

REALIZADO: Egdo. Wilson Armando Garcia Romero

GRADACIÓN DE LA MUESTRA DE ENSAYO SEPARADA POR TAMIZADO

Tamices en (mm)				Masa de la muestra de ensayo en gramos			
Pasa		Retenido		Gradación			
mm	in	mm	in	A	B	C	D
37,5	(11/2)	25	(1)	1260			
25	(1)	19	(3/4)	1250			
19	(3/4)	12,5	(1/2)	1250			
12,5	(1/2)	9,5	(3/8)	1250			
9,5	(3/8)	6,3	(1/4)				
6,3	(1/4)	4,75	(N° 4)				
4,75	(N° 4)	2,36	(N°8)				
Total en (gr)				5010			

Número de esferas:	12	Masa de la carga abrasiva:	4956 gr
Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):	5010 gr		
Masa de la muestra despues de 500 revoluciones (B):	2978 gr		
Valor de abrasión despues de 500 revoluciones (V):	40,6 %		

Valor de Abrasión en Porcentaje	V=	$\frac{A - B}{A} * 100$	Requisitos de Desgaste a la Abrasión	Máximo
				50%

Observación: Para obtener este resultado se tuvo que realizar una mezcla con material de rio para obtener los requisitos de desgaste; mezclamos 50 % de material de rio y 50% de material de la cantera Juan Jose Castillo para obtener una muestra homegénea

Ing. Ángel Tapia Chávez
DIRECTOR DE TESIS

Egdo. Wilson Armando Garcia
TESISTA

ANEXO V

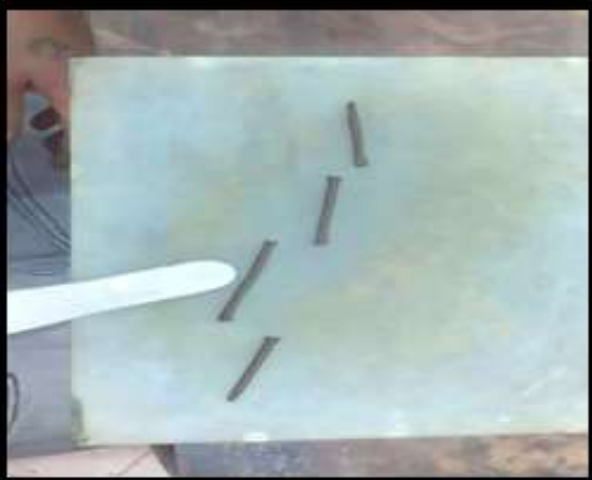
FOTOGRAFÍAS.

<p>Fotografía 3.1 Equipo para obtener muestras alteradas</p>	<p>Fotografía 3.2 Proceso de la excavación a cielo abierto y obtención de la muestra alterada</p>
	
<p>Fotografía 3.3 Porción representativa para determinar el contenido de humedad</p>	<p>Fotografía 3.4 Operación básica del equipo DCP</p>
	
<p>Fotografía 3.5 Toma y registro de datos DCP</p>	<p>Fotografía 3.6 Penetrómetro de bolsillo (in situ)</p>
	

Fotografía 3.7 Muestra con ranura unida a 12 mm luego de la aplicación del No. De golpes



Fotografía 3.8 Cilindro roto o agrietado enrollado a un diámetro aprox. de 3 mm



Fotografía 3.9 Eliminación del material fino mediante lavado



Fotografía 3.10 Serie de tamices materiales finos.



Fotografía 3.11 Serie de tamices materiales gruesos



Fotografía 3.12 Preparación de la muestra



Fotografía 3.13 Caída libre del martillo de 8 Kg. Energía de compactación de 56000 lb/pulg.2



Fotografía 3.14 Alisado y enrazado de la parte superficial del molde



Fotografía 3.15 Peso de la probeta: molde más muestra de suelo



Fotografía 3.16 Equipo necesario para el ensayo CBR.



Fotografía 3.17 Adición de agua, para el ensayo Proctor Modificado.



Fotografía 3.18 Grados de Compactación.



Fotografía 3.19 Limpieza del molde y colocación del papel filtro en la base del molde.



Fotografía 3.20 Colocación de sobrecargas.



Fotografía 3.21 Colocación del deformímetro para la toma de lecturas antes de remojar las probetas.



Fotografía 3.22 Inmersión de las probetas.



Fotografía 3.23. Lectura y registro de datos de hinchamiento en las muestra de suelo.



Fotografía 3.24 Aplicación de la carga sobre el pistón de penetración



Fotografía 3.25 Muestra ensayada.



Fotografía 3.26. Peso de los materiales retenidos en las cantidades del método que corresponde.



Fotografía 3.27 Colocación del material en la Maquina de los ángeles



Fotografía 3.28 Extracción del material

