



# UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA

*La Universidad Católica de Loja*

## ÁREA TÉCNICA

TÍTULO 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 “Turupamba”**

TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN

**AUTOR:** Flores Chamba, Leonel Eduardo

**DIRECTOR:** Esparza Villalba, Carmen Antonieta, M. Sc.

Loja – Ecuador

2015

## **APROBACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE FIN DE TITULACIÓN**

Ingeniera

Esparza Villalba, Carmen Antonieta

### **DOCENTE DE LA TITULACIÓN**

De mi consideración:

El 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 “Turupamba” realizado por Flores Chamba Leonel Eduardo, 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, mayo de 2015

f) .....

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS

Yo, **Flores Chamba Leonel Eduardo**, 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 Turupamba”, de la Titulación de Ingeniero Civil, siendo Carmen Antonieta Esparza Villalba directora 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. 88 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: Flores Chamba Leonel Eduardo

Cédula: 1900583517

## DEDICATORIA

Dedico este proyecto de tesis a mis padres Antonio y Luz, quienes a lo largo de mi vida han velado por mi bienestar y educación siendo mi apoyo en todo momento. Depositando su entera confianza en cada reto que se me presentaba sin dudar ni un solo momento en mi inteligencia y capacidad. Es por ello que soy lo que soy ahora. Los amo con mi vida.

A mis hermanos Jhulina, Sulema y Raúl por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar como profesional.

A mis tíos Víctor y Martha por haberme dado apoyo incondicional y creer en mí.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios en primer lugar porque ha estado conmigo en cada paso que doy, cuidándome y dándome fortaleza para continuar.

En segundo a cada uno de los que son parte de mi familia, a mis padres, a mis hermanos y a todos mis tíos; por siempre haberme dado su fuerza y apoyo incondicional que me han ayudado y llevado hasta donde estoy ahora.

Por último a la Universidad Técnica Particular de Loja, a la Escuela de Ingeniería Civil, a sus docentes, especialmente a mi directora de tesis Ing. Carmen Esparza y al Ing. Ángel Tapia por ser guía fundamental en este proyecto de tesis.

## 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
ÍNDICE DE TABLAS.....	ix
ÍNDICE DE FIGURAS .....	x
ABREVIATURAS .....	xi
SIMBOLOGÍA .....	xi
RESUMEN EJECUTIVO .....	1
ABSTRACT.....	2
<b>CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....</b>	<b>3</b>
1.1.    Introducción.....	4
1.2.    Alcance .....	4
1.3.    Justificación.....	4
1.4.    Objetivos .....	5
1.4.1.    Objetivo general .....	5
1.4.2.    Objetivos específicos.....	5
1.5.    Problemática .....	5
1.6.    Metodología .....	6
<b>CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS .....</b>	<b>7</b>
2.1.    Introducción.....	8
2.2.    Subrasante.....	9
2.3.    La subrasante como material de fundación .....	9
2.4.    Exploración de la subrasante .....	9
2.5.    Clasificación de los suelos.....	10
2.5.1.    Clasificación AASHTO.....	11
2.5.2.    Descripción de los grupos de clasificación AASHTO .....	12

2.5.3.	Índice de grupo.....	14
2.6.	Caracterización de los suelos a nivel de subrasante .....	15
2.6.1.	Ubicación de los puntos de perforación .....	15
2.6.2.	Muestreo en los puntos de perforación .....	16
2.6.3.	Ensayos de laboratorio .....	16
<b>CAPÍTULO III. METODOLOGÍA.....</b>		<b>23</b>
3.1.	Recopilación de información.....	24
3.2.	Visita de campo de la zona de estudio. ....	24
3.3.	Delimitación de la zona de estudio. ....	24
3.4.	Identificación y ubicación de los puntos de muestreo por áreas y coordenadas. ...	24
3.5.	Ensayos de campo.....	24
3.5.1.	Penetrómetro dinámico de cono (D.C.P.).....	24
3.5.2.	Ensayo del penetrómetro de bolsillo .....	25
3.6.	Ensayos de laboratorio.....	25
3.6.1.	Ensayo del contenido de humedad.....	26
3.6.2.	Ensayo de los límites de Atterberg .....	26
3.6.3.	Ensayo del análisis granulométrico.....	28
3.6.4.	Ensayo de compactación.....	29
3.6.5.	Ensayo de CBR de laboratorio.....	31
3.6.6.	CBR de diseño .....	33
3.7.	Elaboración de una base de resultados de las características de los materiales de sub rasante.....	34
3.8.	Estudio del material de mejoramiento de subrasante del polígono de estudio. ....	34
3.8.1.	Ensayo de abrasión o desgaste.....	34
3.9.	Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo. ....	36
3.9.1.	Generación del mapa de zonificación de acuerdo al tipo de suelo.....	36
3.9.2.	Mapa de zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo. ....	37
3.10.	Redacción del trabajo de fin de titulación. ....	38

4.1. Análisis general de la caracterización.....	40
<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>45</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>47</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>50</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Clasificación de suelos y mezcla de suelo-agregado. ....	11
Tabla 2.2. Clasificación de suelos según Índice de Grupo. ....	15
Tabla 2.3. Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos. ....	15
Tabla 2.4. Masa mínima para el contenido de humedad. ....	17
Tabla 2.5. Clasificación granulométrica de los suelos. ....	18
Tabla 2.6. Clasificación granulométrica de los suelos. ....	19
Tabla 2.7. Categorías de la subrasante según el CBR. ....	21
Tabla 2.8. Ecuaciones para la correlación del CBR de laboratorio con DCP. ....	22
Tabla 3.1 Serie de tamices utilizado en el análisis granulométrico. ....	28
Tabla 3.2. Límites de diseño de subrasante. ....	33
Tabla 3.3. Material retenido en los tamices para determinar el tipo de método. ....	35
Tabla 3.4. Ubicación y clasificación AASHTO de las calicatas de muestreo. ....	36
Tabla 3.5. Grupos y subgrupos de la clasificación AASHTO, utilizados para la zonificación. ....	36
Tabla 3.6. Categorías de subrasantes de las diferentes clases de suelos para la zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo. ....	37
Tabla 3.7. Datos para la zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo. ....	38
Tabla 4.1. Variación de los parámetros de la capacidad de soporte del suelo analizados. ...	41
Tabla 4.2. Resumen de las propiedades mecánicas de la cantera. ....	41
Tabla 4.3. Resumen de las propiedades mecánicas de la cantera mejorada. ....	42
Tabla 4.4 Resumen de los resultados de la capacidad de soporte del suelo. ....	44

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1: Paquete estructural de pavimento flexible o rígido. ....	8
Figura 2.2. Clasificación fracción limoso – arcillosa (AASHTO). ....	14

## ABREVIATURAS

<b>Arc.Gis</b>	Sistema y análisis de la información geográfica.
<b>Arc.Map</b>	Análisis de mapas.
<b>A.A.S.T.H.O</b>	American association of state highway and transportation officials
<b>C.A.D</b>	Computer Aided Design (Dibujo asistido por ordenador).
<b>N</b>	Norte.
<b>E</b>	Este.
<b>C.H</b>	Contenido de humedad
<b>P.I</b>	Índice de plasticidad.
<b>L.L</b>	Límite líquido.
<b>P.L</b>	Límite plástico.
<b>W</b>	Contenido de humedad (%)
<b>I.G</b>	Índice de grupo
<b>Mr</b>	Modulo resiliente
<b>C.B.R</b>	Valor de soporte de California
<b>D.C.P</b>	Penetrometro dinámico de Cono.
<b>U.C.G</b>	Unidad Civil Geominera.
<b>U.T.M</b>	Universal Transverse Mercator. (Sistema de Coordenadas Transversal de Mercator).
<b>U.T.P.L</b>	Universidad Técnica Partícula de Loja.

## SIMBOLOGÍA

<b>F</b>	Porcentaje de suelo que pasa por la malla # 200.
<b>Mr</b>	Modulo resiliente

<b>Qu</b>	Resistencia a la comprensión simple.
<b>Ha</b>	Hectáreas.
<b>Tn</b>	Toneladas.
<b>Psi</b>	Libra-fuerza por pulgada cuadrada
<b>in – plg</b>	Pulgadas
<b>lb</b>	Libras
<b>kg</b>	Kilógramos
<b>m</b>	Metros
<b>cm</b>	Centímetros
<b>MPa</b>	Mega pascales

## RESUMEN EJECUTIVO

El presente proyecto se enfoca en la caracterización de los materiales de sub-rasante en zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, aplicadas a obras de infraestructura vial en el polígono denominado “Turupamba”, y la creación de un mapa de zonificación geotécnica.

Se inicio con la recopilación de información en campo y delimitación del área de estudio, se identifico y ubico por coordenadas los puntos de muestreo a un radio cada 500 m para extraer las muestras a una profundidad de 0.5 m, 1.00 m y 1.50 m, se realizó el ensayos en situ DCP, para caracterizar los materiales se utiliza los ensayos de laboratorio como: contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de consistencia, Proctor modificado y CBR, para el material de mejoramiento se considero el ensayo de abrasión.

Con el analisis de resultados de la caracterización de los materiales de sub-rasante se elaboro un mapa de zonificación geotécnica a fin de identificar zonas geotécnicas con características homogéneas de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo identificados.

**Palabras claves:** Sub-rasante, zonificación geotécnica, físico-mecánicos, clasificación, delimitación, recopilación, capacidad portante, compactación.

## ABSTRACT

This project focuses on the characterization of the subgrade materials in non-urbanized areas of the city of Loja, applied to road infrastructure in the estate called "Turupamba" and the creation of a geotechnical zoning map.

It began with the collection of information in the field and delimitation of the study area, was identified and Place coordinate sampling points to each 500 m radius to extract samples at a depth of 0.5 m, 1.00 m and 1.50 m, was conducted moisture content, particle size analysis, consistency limits, Proctor and modified CBR, breeding material for the abrasion test was considered: the DCP situ assays to characterize materials laboratory tests as used.

With the analysis of results of the characterization of the subgrade materials geotechnical zoning map was drawn up to identify areas with homogeneous geotechnical characteristics according to soil physical-mechanical parameters identified.

**Keywords:** Sub-grade, geotechnical, physical-mechanical zoning, classification, definition, collection, bearing capacity, compaction.

## **CAPÍTULO I. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO**

## **1.1. Introducción**

En la actualidad, la construcción de carreteras ha logrado un alto desarrollo y necesidad en los habitantes de la ciudad de Loja, quienes en busca de un cambio para el confort y un buen vivir de sus familias, debido a un alto índice de crecimiento poblacional y vehicular en el casco urbano, han impulsado a los habitantes en buscar servicios básicos en zonas no urbanizadas de la ciudad.

Una carretera debe cumplir consideraciones de tipo económico y características del terreno que permitan obtener una obra vial resistente, segura, duradera, funcional, económica y de apariencia agradable ante los ojos del conductor.

Entre los elementos que influyen en el diseño geométrico de una calzada, es el análisis de la subrasante. Debido a esto surge la necesidad de llevar a cabo el presente proyecto con el cual se busca conocer las características físicas e ingenieriles de los materiales de subrasante existentes en las zonas de expansión de la ciudad de Loja, con miras a la implementación de obras viales futuras.

## **1.2. Alcance**

Este proyecto de investigación consiste en la identificación y elaboración de una base de resultados de las características del material a nivel de subrasante mediante ensayos de laboratorio para clasificar el tipo de suelo y la capacidades de soporte del suelo o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante, entre otros, aplicado en una zona o polígono de estudio no urbanizado en la ciudad de Loja.

Caracterizar y elaborar un mapa base de zonificación geológica con los parámetros físicos – mecánicos del suelo a nivel de subrasante, será de ayuda para considerar medidas en el diseño, implementación o construcción de una obra de infraestructura vial, para así permitir la selección de la estructura del pavimento adecuada según la zona de estudio.

## **1.3. Justificación**

El proyecto constituye una respuesta a las necesidades de conocer las características físicas – mecánicas del suelo a nivel de subrasante para la infraestructura vial de una determinada zona de la ciudad de Loja.

Por esta razón en la actualidad, las calles de la ciudad de Loja se encuentran en mal estado y carecen de la infraestructura vial necesaria, representando un problema para

los pobladores, el mal estado de las calles afecta la circulación peatonal de la población estudiantil, dificultando el traslado a sus centros de estudio.

Ante esta necesidad de mejorar la calidad de vida de los habitantes, en el presente proyecto previo al diseño de la estructura del pavimento, se identificará y analizará las características de los materiales del suelo a nivel de subrasante de una determinada zona, a través del cual se elaborará un mapa de zonificación con los parámetros físicos – mecánicos del suelo en estudio.

#### **1.4. Objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

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 “Turupamba”

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

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

#### **1.5. Problemática**

Una carretera como toda construcción, debe estar respaldada en los respectivos estudios de ingeniería, con el objetivo de establecer proyectos seguros y económicos que cumplan satisfactoriamente el periodo de vida para el que fueron diseñados.

La caracterización de los materiales de subrasante desde el punto de vista de la infraestructura vial, tiene una importancia en la construcción del pavimento y en la eficiencia del mismo, para así obtener un diseño adecuado que cumpla con las normativas.

La problemática existente en las calles de las zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja, las mismas que carecen de planificación urbanística, presentan un mal estado en su infraestructura vial, generando la necesidad de información sobre las características mecánicas del suelo para proyectos futuros que permitan una obra satisfactoria, utilizando los parámetros y diseños adecuados.

## **1.6. Metodología**

Para la caracterización de la subrasante en las zonas no urbanizadas de la ciudad de Loja se desarrolló la siguiente metodología:

- Recopilación de información.
- Visita de campo de la zona de estudio.
- Delimitación de la zona de estudio.
- Identificación y ubicación por áreas y coordenadas de los puntos de muestreo.
- Ensayos de campo.
- Ensayos de laboratorio.
- Elaboración de una base de resultados de las características de los materiales de sub rasante.
- Estudio del material de cantera para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo a nivel de subrasante del polígono de estudio.
- Generación de un mapa de zonificación de acuerdo a los parámetros físicos-mecánicos del suelo.
- Redacción del trabajo de fin de titulación.

## **CAPÍTULO II. FUNDAMENTOS TEÓRICOS**



## **2.2. Subrasante**

*Definición.-* Existen diversas definiciones de subrasante en una estructura de pavimentos, entre ellas las más conocidas son.

- Esta referida a la capa de suelo utilizado como fundación del paquete estructural de todo tipo de pavimento. Estos materiales pueden ser los existentes en el sitio del proyecto o combinados con el fin de mejorar sus características mecánicas.
- La subrasante es una capa fundamental en la estructura de una obra vial la misma que está encargada de soportar los esfuerzos necesarios para el tráfico en la obra a realizarse.

## **2.3. La subrasante como material de fundación**

Una subrasante adecuada debe garantizar un soporte continuo, sin presentar deflexiones excesivas, evitando que se produzcan fallas debido a la presencia de esfuerzos cortantes producidos por las cargas de tránsito existentes.

Las cualidades que deben predominar en la capa de subrasante y que son generalmente deseables por los ingenieros viales, son las siguientes:

Una alta resistencia.

- Permanencia de la resistencia por lo menos durante la vida útil del pavimento.
- Una buena uniformidad en todas las direcciones.
- Una alta densidad.
- Poco susceptibles a los cambios volumétricos.
- Poco susceptibles a la acción del agua.
- Buena trabajabilidad durante el proceso de compactación.
- Permanencia de las propiedades inducidas mediante la compactación.

## **2.4. Exploración de la subrasante**

En la exploración del material de subrasante para una evaluación geotécnica, se define las siguientes actividades:

- Recopilación de información
- Exploración de campo y recolección de muestras en la zona de estudio
- Ensayos de campo y laboratorio.

Para empezar esta investigación, se debe iniciar una visita de campo con el fin de recopilar información del polígono seleccionado, y con el propósito de identificar y ubicar por áreas y coordenadas los puntos de muestreo.

La investigación se realiza mediante criterios de perforación para definir un perfil de suelo de acuerdo al tipo de zona o infraestructura, según la tabla 2.3 el espaciamiento de cada perforación en proyectos de carreteras es de 500 m uno con respecto de otro.

Para determinar el perfil de suelo de cada perforación se deberá alcanzar como mínimo una profundidad de 1,50 m en cada pozo, utilizando la clasificación AASHTO para los perfiles de calicatas.

Con el propósito de obtener a detalle el perfil de cada sondeo se tomaran muestras a una profundidad de 0.50 m, 1.00 m y 1.50 m, para así determinar las propiedades natural del suelo, con esto se procede a caracterizar los materiales mediante ensayos de campo y de laboratorio como los siguientes:

- Contenido de humedad.
- Análisis granulométrico
- Límites de consistencia (límite líquido - límite plástico – índice de plasticidad).
- Proctor modificado (compactación), y
- CBR

Es necesario tener muy en cuenta que la humedad es un parámetro que va a sufrir variaciones importantes durante el año, por lo que su estudio nos permitirá:

- Definir con anterioridad el tratamiento que se le va a dar al suelo durante la construcción.
- Estimar el comportamiento que tendrá el suelo como subrasante de un pavimento, para lo cual se debe tomar en cuenta que si la humedad natural está cerca del límite líquido existen grandes posibilidades que este suelo sea muy débil, que perderá su poca resistencia al momento del movimiento de tierras. Mientras que si el suelo posee una humedad natural cercana al límite plástico durante cualquier estación del año, se garantiza que el suelo presentará un comportamiento aceptable al ser utilizado como subrasante.

## **2.5. Clasificación de los suelos.**

La gran variedad de suelos que pueden encontrarse en la corteza terrestre ha permitido desarrollar varios sistemas de clasificación para poder identificarlos,

elaborados de acuerdo a la aplicación que se les da a los mismos. El clasificar un suelo consiste en agrupar al mismo en grupos y/o subgrupos de suelos que presentan un comportamiento semejante con propiedades ingenieriles similares.

Para esta investigación se utilizó el sistema de clasificación AASHTO, adoptado por la “American Association of State Highway Officials” entre otras. Es de uso especial para la construcción de vías, en especial para manejo de subrasante y terraplene, basándose en la medición numérica de la calidad del suelo, determinado el índice de grupo (IG).

### 2.5.1. Clasificación AASHTO

Esta clasificación se basa en los resultados obtenidos por los límites de Atterberg y análisis granulométrico como el límite líquido, índice de plasticidad y material que pasa el tamiz N° 10, 40 y 200, utilizando la Tabla 2.1 para la clasificación AASHTO.

**Tabla 0.1.** Clasificación de suelos y mezcla de suelo-agregado.

CLASIFICACION GENERAL	Materiales Granulares (igual o menor del 35% pasa el tamiz N° 200)							Materiales Limo - Arcillosos (más del 35% que pasa el tamiz N° 200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
SUB - GRUPOS	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7	A-4	A-5	A-6	A-7-6
% que pasa el Tamiz:											
N° 10	50 máx.										
N° 40	30 máx.	50 máx.	51 máx.								
N° 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características del Material que pasa el tamiz N° 40											
Límite Líquido			NO	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.
Índice de Plasticidad	6máx	6 máx.	PLÁSTICO	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.
Tipos de Material	fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Grava, arenas limosas y arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
Terreno de Fundación	Excelente a Bueno						Regular a Deficiente				

NOTA: El índice de plasticidad de los suelos A-7-5 es igual o menor que su Límite Líquido 30, el de los A-7-6 mayor que su Límite Líquido (fig. 1) se halla indicada la relación entre lo LL e IP de los materiales finos. Dicho de otro modo, el grupo A-7 es subdividido en A-7-5 ó A-7-6 dependiendo del Límite Plástico (L.P.)  
Si el LP ≥ 30, la clasificación es A-7-6  
Si el LP < 30, la clasificación es A-7-5

**Fuente:** Norma AASHTO M 145 (adaptada por el autor).

AASHTO clasifica los suelos en ocho grupos que los cuales están codificados con las nominaciones que van desde A-1 a A-8, de los cuales también se dividen en subgrupos que forman un total de 12 subgrupos existentes entre los grupos A-1 a A-7, quedando el grupo A-8 como representación para los suelos con presencia elevada de partículas orgánicas.

## 2.5.2. Descripción de los grupos de clasificación AASHTO<sup>1</sup>

Una característica que hace muy distintos a diferentes tipos de suelos es la cohesión. Debido a ella los suelos se clasifican en “cohesivos” y “no cohesivos”. Los suelos cohesivos son los que poseen cohesión, es decir, la propiedad de atracción intermolecular, como arcillas. Los suelos no cohesivos son los formados por partículas de roca sin ninguna cementación, como la arena y la grava; por lo que a continuación se detalla un poco más de esta clasificación.

**a) Suelos granulares:** 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 graduada, 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 mismo, incluyen aquellas arenas finas con un contenido de limo no plástico en exceso al indicado para el grupo A-3.

---

<sup>1</sup> Montejo Fonseca, A. (2006). Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño, (3a Edición.) Tomo 1. Colombia. Panamericana formas e impresos, S.A.

**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.

**b) Suelos finos limo arcillosos:** 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. En esta categoría los suelos se clasifican en los distintos grupos atendiendo a su límite líquido y a su índice de plasticidad, según las zonas de la Figura 2.1 de plasticidad, de esta forma también se clasifican los suelos del grupo A-2 en los distintos subgrupos.

**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%.

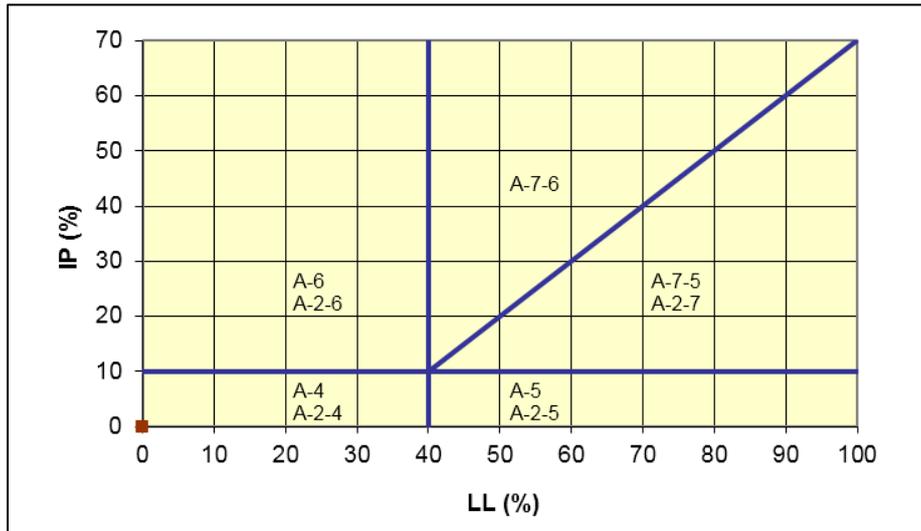
**Grupo A-5:** Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo. Son elásticos y tienen un límite líquido elevado.

**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.

**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.



**Figura 0.2.** Clasificación fracción limoso – arcillosa (AASHTO).  
**Fuente:** Norma AASHTO M145 (adaptado por el autor)

### 2.5.3. Índice de grupo<sup>2</sup>

Para evaluar la calidad de un suelo como material para subrasante se debe añadir índices de grupo (IG). Este índice es escrito entre paréntesis después de la designación del grupo o subgrupo. La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite líquido, grado de plasticidad y porcentaje de material fino que pasa el tamiz número 200. Los índices de grupo de los suelos granulares están generalmente comprendidos entre 0 y 4; los correspondientes a los suelos limosos, entre 8 y 12 y los suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más.

El índice de grupo es calculado a partir de la siguiente ecuación empírica:

$$IG = (F_{200} - 35) * [0,2 + 0,005 * (LL - 40)] + 0,01(F_{200} - 15) * (IP - 10) \quad \text{Ecuación 0.1}$$

**Donde:**

IG: Índice de grupo

$F_{200}$ : Porcentaje que pasa a través del tamiz N° 200.

LL: Límite líquido.

IP: Índice de plasticidad.

Si el cálculo nos da un número negativo, lo asumimos como cero (0); si da un número decimal, lo aproximamos al entero más cercano; el índice de grupo para los suelos de los subgrupos A-2-6 y A-2-7 se calcula usando la siguiente ecuación empírica:

<sup>2</sup> Montejo Fonseca, A. (2006). Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño, (3a Edición.) Tomo 1. Colombia. Panamericana formas e impresos, S.A.

$$IG = 0,01 * (F_{200} - 15) * (IP - 10)$$

Ecuación 0.2

Para clasificar un suelo mediante el índice de grupo nos basamos en el siguiente cuadro:

**Tabla 0.2.** 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: Alfonso, M (2010), adaptada por el autor

## 2.6. Caracterización de los suelos a nivel de subrasante

Para caracterizar los diferentes tipos de suelos delimitados en la zona de estudio denominado “Turupamba”, se realizó la recopilación de información, evaluación de campo, extracción de muestras, ensayos in situ y de laboratorio; metodología que permite identificar el tipo de suelo a nivel de subrasante existente en la zona, por tanto se considera el siguiente proceso para llevar a cabo esta investigación.

### 2.6.1. Ubicación de los puntos de perforación

Antes de iniciar con la excavación y obtención de muestras de subrasante, se considera criterios para la identificación y ubicación de los puntos de perforación por áreas y coordenadas. Los criterios de la Tabla 2.3 muestran el espaciamiento entre calicatas y profundidad de muestreo recomendables según el tipo de infraestructura vial que se desea desarrollar.

**Tabla 0.3.** 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

*Sigue tabla 2.3...*

...Continúa tabla 2.3

TIPO DE ZONA	ESPACIAMIENTO (m)	PROFUNDIDAD (m)
3. Otras áreas pavimentadas	1 perforación cada 1000 m <sup>2</sup>	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: Alfonso, M (2006), adaptada por el autor

### 2.6.2. Muestreo en los puntos de perforación

Al determinar las propiedades de los materiales de subrasante en el laboratorio es preciso contar con muestras representativas del suelo en estudio. Con el propósito de obtener el perfil de cada calicata se extrajo muestras alteradas a una profundidad de 0.50 m, 1.00 m y 1.50 m.

Procedimiento para extraer muestras alteradas de una calicata

1. Se retira la primera capa que se encuentra en el suelo, esta primera capa es de espesores variables, de color oscuro y olor a materia orgánica.
2. Se toma muestras individuales de cada una de las capas a estudiar, este proceso se lleva a cabo con ayuda de palas, barretas, siempre procurando no mezclar las capas entre sí.
3. Las muestras son almacenadas en bolsas o recipientes cerrados, debidamente rotulados que permitan la plena identificación de la muestra. Posteriormente son enviados al laboratorio para ser ensayados.

### 2.6.3. Ensayos de laboratorio

Conocidos los tipos de suelos existentes en el muestreo representativo, el siguiente paso es establecer una serie de procedimientos científicos que permitan caracterizar lo materiales del suelo a nivel de subrasante.

Los ensayos que definen las principales propiedades de los suelos en carreteras son: contenido de humedad, análisis granulométrico, límites de Atterberg, Proctor Modificado y la determinación de la capacidad portante mediante el índice CBR.

### 2.6.3.1. Contenido de humedad<sup>3</sup>

Se utiliza la norma AASHTO T 265, la finalidad de este ensayo es determinar el contenido de humedad de un suelo en laboratorio, a través del secado al horno. La saturación de un suelo es relación de la cantidad de agua existente y la masa del suelo seco expresada en porcentaje.

El conocimiento de la humedad natural de un suelo permite estimar su posible comportamiento como material de subrasante, si el contenido natural de agua de suelo está próximo al límite, es casi seguro que se está tratando con un suelo muy sensitivo y si, por el contrario, el contenido de agua es cercano al límite plástico, puede anticiparse que el suelo presentara un buen comportamiento.

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

$$W = \frac{W_1 - W_2}{W_2 - W_c} * 100 \quad \text{Ecuación 0.3}$$

**Dónde:**

W: Contenido de Humedad, %

W1: peso del recipiente y suelo húmedo, gr.

W2: peso del recipiente y suelo seco, gr.

Wc: peso del recipiente, gr.

La muestra mínima representativa para el ensayo de contenido de humedad según el tamaño máximo de partículas se muestra en la Tabla 2.4.

**Tabla 0.4.** Masa mínima para el contenido de humedad.

Tamaño máximo de la partícula	Masa mínima de la muestra (gr)
0.425 mm (Nº 40) Tamiz	10
4.75 mm (Nº 4) Tamiz	100
12.5 mm (1/2")	300
25.0 mm (1")	500
50 mm (2")	1000

**Fuente:** AASHTO T 265, adaptada por el autor

<sup>3</sup> Montejo Fonseca, A. (2006). Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño, (3a Edición.) Tomo 1. Colombia. Panamericana formas e impresos, S.A.

### 2.6.3.2. Análisis granulométrico<sup>4</sup>

Se utiliza la norma AASHTO T 88, la finalidad de este ensayo, es determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo.

En este ensayo se emplea una serie normalizada de tamices de malla cuadrada y abertura decreciente, a través de los cuales se hace pasar una determinada cantidad de suelo seco, quedando retenida en cada tamiz la parte de suelo cuyas partículas tenga un tamaño superior a la abertura de dicho tamiz.

Para el análisis granulométrico de suelos por tamizado, se calcula en cada tamiz los pesos retenidos y acumulados del ensayo.

La fórmula utilizada para calcular el peso retenido es la siguiente:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso acumulado retenido en cada tamiz}}{\text{Peso total}} * 100 \quad \text{Ecuación 0.4}$$

Para calcular el porcentaje que pasa de suelo en cada tamiz lo realizamos con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado} \quad \text{Ecuación 0.5}$$

La cantidad de muestras mínimo aproximado dependerá del tamaño máximo de las partículas, en la Tabla 2.5 se muestra lo indicado.

**Tabla 0.5.** Clasificación granulométrica de los suelos

Tamaño nominal de las partículas		Peso mínimo aproximado de la porción
mm	Pulg.	Kg.
9.5	3/8	0.5
25	1	2
50	2	4
75	3	5

**Fuente:** AASHTO T 88, adaptada por el autor.

Como aplicación directa de este ensayo, puede establecerse una clasificación genérica de suelos atendiendo a su granulometría, mostrada en la Tabla 2.6.

<sup>4</sup> Montejo Fonseca, A. (2006). Ingeniería de pavimentos. Fundamentos, estudios básicos y diseño, (3a Edición.) Tomo 1. Colombia. Panamericana formas e impresos, S.A.

**Tabla 0.6.** Clasificación granulométrica de los suelos

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:** AASHTO T 88, adaptada por el autor.

### 2.6.3.3. Límites de Atterberg

También denominados límites de consistencia de un suelo, están representados por los contenidos de humedad como el límite líquido y límite plástico, de estos resultados se obtiene el índice de plasticidad.

#### a) Límite líquido

Se utiliza la norma AASHTO T 89, la finalidad de este ensayo es determinar el más alto contenido de agua que puede tener un suelo sin pasar de la etapa de plástico al líquido. Se define como etapa líquido al estado que un suelo sometido al esfuerzo lo hace fluir cuando la resistencia al corte es baja.

El límite líquido se define arbitrariamente como el contenido de agua al cuál una masa de suelo húmeda colocada en un recipiente en forma de cápsula de bronce, separada en dos por la acción de una ranurador y dejada caer desde una altura de un centímetro, sufra una falla o cierre de la ranura.

Para el ensayo del límite líquido se emplea el equipo estandarizado copa de Casagrande, así como también un ranurador, calibrador, recipientes, balanza y un horno a  $110^{\circ} \pm 5^{\circ}\text{C}$ .

Para la determinar el límite líquido, se debe tomar el porcentaje de humedad correspondiente a la intersección entre la curva de fluidez y la ordenada de 25 golpes.

#### b) Límite plástico

Se utiliza la norma AASHTO T 90, donde el límite plástico se define como la menor humedad de un suelo, que permite realizar un cilindro de 3mm de diámetro sin que se desmorone, donde el suelo regresa al estado de plasticidad. La plasticidad en esta

etapa de suelo puede ser moldado sin recuperación elástica o alterado rápidamente ya sea por agrietamiento, desbordamiento o cambio de volumen; este ensayo se realiza con 200 g. de muestra seca y pasada a través del tamiz N° 40.

Los suelos con humedad natural mayor al límite plástico presentan una pronunciada caída de su estabilidad.

Para presentar los resultados del límite plástico se debe redondear al número entero más cercano, además si el límite plástico supera al límite líquido el suelo es denominado como NP (no plástico), o si ninguno de los límites nos puede ser determinados se debe proceder de la misma manera como NP.

La presente ecuación se utiliza para el cálculo del límite plástico.

$$LP = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m_3} * 100 \quad \text{Ecuación 0.6}$$

**Dónde:**

L.P: limite plástico

m1: masa recipiente y muestra húmeda, gr.

m2: masa recipiente y muestra seca, gr.

m3: masa recipiente, gr.

**c) Índice de plasticidad**

El cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el plástico.

$$\text{Índice de plasticidad} = \text{límite líquido} - \text{límite plástico} \quad \text{Ecuación 0.7}$$

**2.6.3.4. Ensayo de compactación**

Se utiliza la norma AASHTO T 180, El ensayo proctor modificado es uno de los más significativos procedimientos de estudio y control de calidad de la compactación de un suelo, donde se deduce la compactación máxima de un suelo en relación con su grado de humedad cuando aumenta el peso volumétrico de un suelo. En general, cuando se requiere incrementar la resistencia al cortante, bajar la compresibilidad y elevar el grado de impermeabilidad de un suelo se debe emplear la compactación de una manera adecuada.

Para controlar la compactación adecuada de los suelos durante la construcción, por lo general se efectúan ensayos o procedimientos que permiten conocer la densidad máxima y el contenido de humedad óptimo en campo.

La densidad seca máxima de un suelo, es el peso máximo seco de un suelo, cuando este se compacta cuando posee un determinado contenido de humedad en su masa. El contenido de humedad en el cual un suelo alcanza su máxima densidad se conoce como contenido de humedad óptimo.

### 2.6.3.5. Ensayos para determinar la capacidad de soporte del suelo

Existen diversos ensayos para determinar la resistencia de un suelo, para el presente proyecto de caracterización se utiliza los más aplicados en nuestro medio como son: el CBR (relación Californiana de Soporte) de laboratorio y el ensayo del Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP) de campo.

#### a) Ensayo de CBR de laboratorio

El ensayo del índice de soporte California (CBR) se utiliza para medir la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos, bajo condiciones de humedad y densidad debidamente controladas en laboratorio. El ensayo consiste en determinar la relación entre la presión necesaria para introducir un pistón una profundidad de 12.5mm en una muestra de suelo debidamente compactada y saturada; y la presión que se requiere para introducir el mismo pistón en una muestra patrón de piedra triturada. Los suelos se pueden categorizar dependiendo su valor de CBR según se muestra en la Tabla 2.7.

**Tabla 0.7.** Categorías de la subrasante según el CBR.

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

**Fuente:** Manual de Carreteras —Suelos, Geología, Geotecnia y PavimentosII (adaptada por el autor).

## b) Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)

El método de ensayo del ASTM D 6951, describe el procedimiento para determinar la razón de penetración del suelo sean estos inalterados y/o compactados, mismo que se obtiene de la relación entre la profundidad alcanzada para un determinado número de golpes. Dicha razón de penetración se puede relacionar con el valor de CBR en situ de suelos en estudio, en base a un adecuado método de correlación.

El CBR de laboratorio se correlaciona con el ensayo de Penetración Dinámica de Cono (DCP), para tener una fuente confiable de material de subrasante que permita ser adaptada para futuros diseños de obras de infraestructura vial.

Para correlacionar los valores de CBR in situ, se utiliza la razón de penetración obtenida a partir del ensayo DCP, donde se graficó la penetración por golpe con respecto a la escala de profundidad alcanzada. La penetración por golpe se utiliza para estimar el CBR in situ o la resistencia al corte utilizando una correlación adecuada con las siguientes ecuaciones que se muestran en la tabla 2.8 según cada autor.

**Tabla 0.8.** Ecuaciones para la correlación del CBR de laboratorio con DCP.

<b>Ecuación</b>	<b>Autor</b>
$\log(CBR) = 2.465 - 1.12 \log(DCP)$	Kleyn 1975
$\log(CBR) = 2.465 - 1.12 \log(DCP)$	Kleyn – Van Heerden 1983
$\log(CBR) = 2.465 - 1.12 \log(DCP)$	Harrison 1987

**Fuente:** Flores, L. (2015).

## **CAPÍTULO III. METODOLOGÍA**

### **3.1. Recopilación de información.**

Antes de iniciar con la caracterización de los materiales de subrasante del presente proyecto, se procedió a recopilar información preliminar como un mapa base de la ciudad de Loja, marcando la zona de estudio en los sectores no urbanizados.

### **3.2. Visita de campo de la zona de estudio.**

Con la información preliminar, se desarrolló una visita de campo en la zona de estudio conjuntamente con los ingenieros técnicos del departamento de geología y minas e ingeniería civil, quienes definieron el área de estudio para caracterizar los materiales a nivel de subrasante.

### **3.3. Delimitación de la zona de estudio.**

La delimitación de la zona de estudio se la realizó en el mapa base de la ciudad de Loja, donde se ubicó el polígono denominado “Turupamba” que está ubicado en las siguientes coordenadas en el DATUM PSAD 56

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

Delimitado el polígono denominado “Turupamba” en el mapa base de la ciudad de Loja, se inició a identificar y a ubicar los puntos de muestreo con ayuda de un GPS en un radio de distancia de 500 m cada calicata, se realizó la identificación por coordenadas de los puntos de muestreo para posteriormente ser ensayadas y analizadas en laboratorio. En la Tabla 3.1 se muestra las coordenadas y ubicación de las calicatas.

### **3.5. Ensayos de campo**

Previo a los ensayos de laboratorio, en este proyecto se realizó dos tipos de ensayos in situ como el ensayo DCP (Penetrómetro Dinámico de Cono de 8 Kg) y el ensayo del penetrómetro de bolsillo; los mismos que se describen a continuación.

#### **3.5.1. Penetrómetro dinámico de cono (D.C.P.).**

El ASTM D 6951, muestra el procedimiento, materiales y equipo que se debe utilizar para realizar este ensayo in situ.

Los materiales a utilizarse es una maza de aproximadamente 8 kg, una regla vertical graduada y accesorios que complementan el ensayo.

La cantidad de impactos y la penetración correspondientes son registrados, siendo acumuladas en mm. El número de golpes utilizados entre cada lectura varía dependiendo de la dureza del suelo. En la Fotografía 3.1 se muestra el ensayo estándar DCP.



**Fotografía 3.1.** Ensayo estándar DCP

**Fuente:** Flores, L. (2015).

En el ANEXO I. ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO se presentan los resultados obtenidos del ensayo estándar del penetrómetro dinámico de cono (DCP).

### **3.5.2. Ensayo del penetrómetro de bolsillo**

La norma ASTM D 2573, muestra el procedimiento que se debe realizar en este ensayo, el cual permite determinar la resistencia a la compresión de las arcillas.

El penetrómetro de bolsillo es un dispositivo que se utiliza para medir la resistencia al cortante en suelos finos, en arcillas específicamente. Este dispositivo mide la presión requerida para penetrar la cabeza del dispositivo, dichas presiones sirven para determinar el cortante del suelo a partir de correlaciones.

### **3.6. Ensayos de laboratorio**

Ubicados los puntos de muestreo en el polígono, se procede a la obtención de muestras para la clasificación de los suelos, siendo llevadas al laboratorio para ser

ensayadas y analizadas, el proceso de excavación de las calicatas se lo desarrolló a cielo abierto a una profundidad de 1.50 m.

El equipo utilizado para la obtención e identificación de muestras son: una barreta, una pala, costales y fundas plásticas para conservar la humedad.

Se hizo el muestreo de las calicatas a una profundidad de 0.50 m, 1.00 m y a 1.50 m, enfundadas e identificadas para luego ser llevadas al laboratorio, y realizar los siguientes ensayos:

### 3.6.1. Ensayo del contenido de humedad

La norma AASHTO T 265, detalla el equipo, materiales y procedimiento para determinar el contenido de humedad de un suelo en laboratorio.

A través del secado a horno, a una temperatura de  $110\pm 5^{\circ}\text{C}$  se realizó el ensayo del contenido de humedad de cada muestra de suelo.

En la Fotografía 3.2 se muestra el ingreso de las muestras al horno por un lapso aproximado de 16 horas.



**Fotografía 3.2.** Ingreso de la muestra al horno.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Con los pesos húmedos y secos obtenidos en el laboratorio, se calculó con la fórmula expresada en porcentaje para determinar la cantidad de agua presente en el suelo.

### 3.6.2. Ensayo de los límites de Atterberg

### **Ensayo del límite líquido**

La norma AASHTO T 89, detalla el equipo, materiales y procedimiento para determinar el ensayo del Límite líquido, basado en el contenido de agua del suelo cuando pasa de estado plástico al estado líquido.

Para determina el Límite Líquido se lo realiza a través de la cuchara de Casagrande (equipo empleado para determinar el límite líquido), ya que cada golpe representa un esfuerzo de 1 g/cm<sup>2</sup>. (CRESPO VILLALAZ, 2010).



**Fotografía 3.3.** Realización del ensayo de límite líquido.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Con los contenidos de humedad determinados en el ensayo, se procede a graficar en relación al número de golpes y el contenido de humedad, tomando la intersección de la curva de fluidez con la ordenada a los 25 golpes.

### **Ensayo del límite plástico**

La norma AASHTO T 90, detalla el equipo, materiales y procedimiento para determinar el ensayo del límite plástico, basado en la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición plasticidad. En las fotografías 3.4 se muestra el desarrollo del ensayo.



**Fotografía 3.4.** Realización del ensayo de límite plástico.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Para el ensayo se utilizó una placa de vidrio esmerilado, una espátula, agua destilada y recipientes para determinar el contenido de humedad del suelo, en el desarrollo se rueda la masa del suelo entre la palma de la mano y la placa de vidrio hasta obtener un hilo de diámetro uniforme de 3 mm.

### 3.6.3. Ensayo del análisis granulométrico

La norma AASHTO T 27, detalla el equipo, materiales y procedimiento para realizar el ensayo del análisis granulométrico mediante lavado, basado en la distribución de los diferentes tamaños de las partículas de la muestra de suelo en análisis.

La gradación de las partículas de un suelo puede ser determinada mediante diferentes procedimientos. El método aplicado para este ensayo es el método de lavado, en el cual se hace una eliminación del material más fino que pasa el tamiz 0.075 mm (No 200) por vía lavado con agua, para luego dejar secar al horno a una temperatura  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .

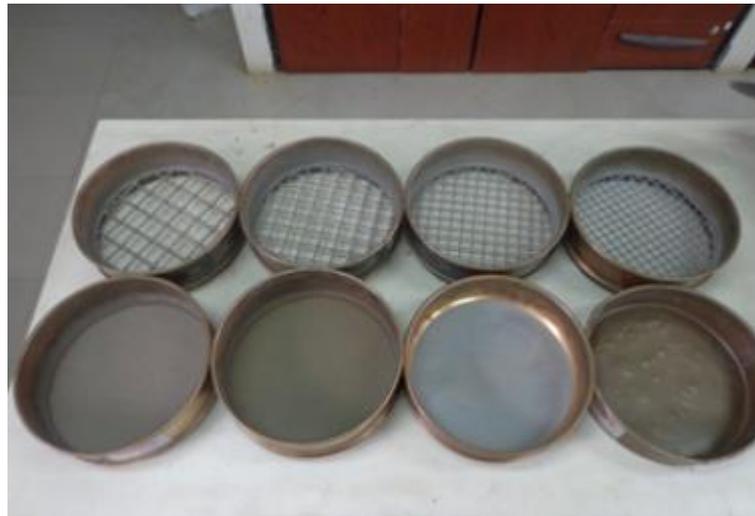
Los tamices utilizados para el análisis granulométrico tanto en la serie gruesa como en la fina son los mostrados en la Tabla 3.2 y Fotografía 3.5.

**Tabla 0.1** Serie de tamices utilizado en el análisis granulométrico.

Tamiz	Abertura del tamiz
2"	50.8 mm
1 1/2"	38.1 mm
1"	25.4 mm
3/4"	19.05 mm

3/8"	9.52 mm
No 4	4.76 mm
No 10	2 mm
No 40	0.425 mm
No 200	0.075 mm

**Fuente:** El autor.



**Fotografía 3.5.** Tamices serie gruesa y fina utilizados.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

El tamizado se efectuó mecánicamente, en un tiempo de diez minutos, donde la suma de los pesos no difirió en más el 1%. En el ANEXO I. ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO, se presentan los resultados de los ensayos de contenido de humedad, límites de Atterberg y análisis granulométrico.

#### **3.6.4. Ensayo de compactación.**

La norma AASHTO T 180, presenta el procedimiento para determinar el peso unitario o densidad máxima y humedad óptima de un suelo (Proctor Modificado).

Para determinar la densidad seca máxima y la humedad óptima de los suelos, se utilizó material que pasa el tamiz No 4 (4.76 mm), preparado en cuatro fundas de 6 kg cada una, en diferentes contenidos de humedad.

El equipo utilizado es un molde de 152.4 mm (6") de diámetro con un martillo de 10 lb, el cual se cae a una altura de 457mm, el molde se llena con 5 capas de suelo compactado con 56 golpes por capa. En la Fotografía 3.6 se muestra el equipo utilizado, y en la Fotografía 3.7 se muestra el desarrollo del ensayo.



**Fotografía 3.6.** Equipo utilizado para la compactación Proctor.

**Fuente:** Flores, L. (2015)



**Fotografía 3.7.** Realización del ensayo de compactación Proctor modificado.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Finalizado la compactación se enrasa y se pesa el molde, a continuación se procede a determinar el contenido de humedad de cada muestra utilizada en el ensayo, para posteriormente realizar el cálculo y determinar la densidad máxima y humedad óptima del suelo.

En el ANEXO I. ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO, se presentan los resultados del ensayo para determinar la densidad máxima y humedad óptima de los suelos.

### 3.6.5. Ensayo de CBR de laboratorio

La norma AASHTO T 193, presenta el procedimiento para determinación el índice de resistencia de los suelos conocido como el valor de la relación de soporte CBR (California Bearing Ratio) de laboratorio.

Previo a éste ensayo cabe recalcar que fueron indispensables y necesarios realizar las relaciones de peso unitario-Humedad, usando el equipo modificado conocido como ensayo de compactación Proctor Modificado.

Con la humedad óptima determinada por el ensayo de compactación, se prepara tres fundas de 6 kg cada una para ser ensayadas.

Al iniciar la elaboración y preparación de especímenes para el ensayo de CBR de laboratorio, se pesa el molde con su base y el disco espaciador. Preparado los tres moldes se compacto el primero con 5 capas de 56 golpes, el segundo con 25 golpes, y el tercero con 10 golpes, como lo especifica la norma. En la fotografía 3.10 se muestra el desarrollo del mismo.



**Fotografía 3.8.** Realización de la compactación para el ensayo de CBR.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Realizado la compactación se satura la muestra durante 96 horas (4 días) y se mide el hinchamiento o esponjamiento cada 24 horas, en la fotografía 3.9 se presenta la medición con el deformímetro.



**Fotografía 3.9.** Medición del hinchamiento, ensayo de CBR.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Tomadas las lecturas del hinchamiento, se saca los moldes de saturación dejando escurrir durante 10 minutos, se procede a pesar el molde más muestra después de saturación, con esto se inicia el procedimiento el ensayo de penetración, en la Fotografía 3.10 se muestra el desarrollo del mismo.



**Fotografía 3.10.** Ensayo de penetración de CBR.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

En el ensayo de penetración de CBR, se aplica una sobrecarga que sea suficiente para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2.27$  kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). La carga del pistón es aplicada a una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Se toma la lectura de las cargas, aplicadas a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0,125, 0,200, 0.300, 0.400 y 0.500 pulgadas de penetración del pistón.

Con las lecturas de carga de penetración, se determina el contenido de humedad de cada muestra para el desarrollo del cálculo y determinación del CBR y CBR de diseño.

Los esfuerzos aplicados se calculan al dividir la carga aplicada para el área del pistón, dicha carga se obtiene al multiplicar la lectura de carga del dial por la constante del anillo.

Se dibujan las curvas Esfuerzo vs. Penetración para cada molde, colocando en las abscisas cada una de los valores de penetración y en las ordenadas los respectivos esfuerzos. En cada una de las curvas, el cero debe ser desplazado, para así compensar los errores debidos a irregularidades en la superficie de las muestras y para corregir la curva si esta empieza cóncava hacia arriba.

En el ANEXO I. ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO, se presenta los resultados obtenidos para determinar el índice de resistencia de los suelos conocido como el valor de la relación de soporte CBR.

### 3.6.6. CBR de diseño

El CBR de diseño de la capacidad de soporte del suelo, es un número representativo de todos los valores de CBR obtenidos en cada una de las calicatas ubicadas dentro de la zona de estudio, el cual se determina dependiendo el tipo de tráfico que soportará la vía a construirse.

En la Tabla 3.3 se presenta el valor del diseño de subrasante según la clase de tránsito, para determinar el valor de C.B.R. de diseño.

**Tabla 0.2.** Límites 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: Adaptada de Alfonso, M. (2006)

El procedimiento del cálculo consiste en ordenar de menor a mayor los valores de CBR para elaborar una gráfica de CBR vs valores mayores o iguales

En el ANEXO I. ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO, se presenta el valor adoptado de CBR de diseño para el polígono denominado Turupamba.

### **3.7. Elaboración de una base de resultados de las características de los materiales de sub rasante.**

Como parte del análisis, se elaboró una base de resultados con los ensayos de laboratorio y de campo, aplicados en los materiales a nivel de subrasante del polígono denominado Turupamba.

En el CAPITULO IV. ANALISIS DE RESULTADOS, se presenta un sondeo de perfil geotécnico, mostrando la caracterización de los materiales de subrasante de cada calicata.

### **3.8. Estudio del material de mejoramiento de subrasante del polígono de estudio.**

El material de mejoramiento utilizado para el presente estudio es de la cantera Zalapa, ubicado en la parte norte de la ciudad de Loja; la selección de la cantera se ha hecho por fines económicos de transporte, siendo la más cercana al polígono.

Para caracterizar el material de cantera se utilizó los ensayos de laboratorio considerados para el estudio de los suelos como: contenidos de humedad, límites de Atterberg, análisis granulométrico, compactación Proctor modificado y C.B.R.

Se utilizó la norma AASHTO T 96 la cual presenta el equipo, material y procedimiento para el desarrollo del ensayo de desgaste o abrasión, esta norma permite medir la capacidad de resistencia de los sitios de contacto de un agregado al desgaste.

#### **3.8.1. Ensayo de abrasión o desgaste**

La norma AASHTO T 96, determina la dureza de los agregados o comportamiento bajo los efectos de la abrasión causada por el tráfico. La pérdida por desgaste del material (Ensayo en la máquina de los Ángeles), tiene como pérdida máxima del 50% del peso inicial.

Los materiales y equipo utilizado para el ensayo de abrasión son: Máquina de los Ángeles, tamices y balanza electrónica.

En el ensayo existe cuatro métodos A, B, C y D, según el número de esferas. Se ha seleccionado el método A en el cual se utiliza el tamiz de 1 ½" (37.5 mm), 1" (25 mm), ¾" (19 mm), y ½" (12.5 mm), cada uno de los cuales se pesan 1250 gr. de agregado sumando una total de 5000 g., en la Tabla 3.4 muestra los tamices a utilizar según el tipo de método seleccionado.

**Tabla 0.3.** 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
<b>No. Esferas</b>		12	11	8	6

**Fuente:** Manual de Certificación Vial.

Pesado el material retenido necesario en cada uno de los tamices a utilizar, se ingresa en la máquina de los Ángeles las 12 esferas mostradas en la Fotografía 3.11 y se hace girar a una velocidad entre 30 y 33 rpm, girando hasta completar 500 vueltas.



**Fotografía 3.11.** Esferas para el ensayo de abrasión.

**Fuente:** Flores, L. (2015)

Terminada las 500 vueltas se retira el material y es tamizado por el tamiz N° 12, el material retenido es pesado para los cálculos del porcentaje de desgaste del agregado.

En el ANEXO II. ENSAYOS DEL MATERIAL DE CANTERA, se presenta los resultados obtenido para determinar el ensayo abrasión o desgaste.

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

#### 3.9.1. Generación del mapa de zonificación de acuerdo al tipo de suelo.

Para la subdivisión del área geográfica del polígono se realizó una zonificación de los sectores homogéneos conforme la clasificación de los suelos determinados, siendo como resultado de esta investigación.

En la zonificación se aplicó un software de sistema de información geográfica, en el cual se utilizó la ubicación por coordenadas de los suelos muestreados del polígono, el mismo que es analizado mediante la clasificación AASHTO, la cual está basada en los resultados obtenidos por los límites de Atterberg y análisis granulométrico a una profundidad de 1.50m en cada calicata, en la siguiente Tabla 3.5 se presenta el resumen utilizado para la zonificación mediante la clasificación de cada calicata ensayada.

**Tabla 0.4.** Ubicación y clasificación AASHTO de las calicatas de muestreo.

ID	UBICACIÓN	COORDENADAS			CLASIFICACIÓN AASHTO
		X	Y	Z	
# 1	Turupamba	697102	9563505	2064	Suelo Arcilloso (A-6)

Fuente: Flores, L. (2015)

En la Figura 3.2 se muestra la tabla de atributos utilizados en el software, la misma que está dividida mediante polígonos según el tipo de suelo.

La clasificación AASHTO está compuesta por dos grupos de materiales desde excelente a buena, y de aceptable a mala, dentro de estos dos tipos de calidad está subdividida en cinco subgrupos, en la Tabla 3.6 se muestra la división general con los grupos y subgrupos compuestas en esta clasificación.

**Tabla 0.5.** Grupos y subgrupos de la clasificación AASHTO, utilizados para la zonificación.

DIVISIÓN GENERAL	Material Garnulares			Materiales Limo - Arcillosos		
GRUPO	A-1	A-3	A-2	A-4, A-5	A-6	A-7
SUBGRUPO	A-1-a, A-1-b		A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7			A-7-5, A-7-6
TIPOLOGÍA	Fragmentos de roca, gravas y arenas	Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas	Suelos Limosos	Suelos Arcillosos	
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA			ACEPTABLE A MALA		

Fuente: Flores, L. (2015)

El en software, para la zonificación se ha utilizado archivos Shapefile (.shp) de ríos, quebradas, vías y curvas de nivel del polígono en estudio.

Para identificar cada tipo de suelo d el polígono se ha utilizado la siguiente simbología:

	Suelo Granular (A-2-6)
	Suelo Granular (A-2-7)
	Suelo Arcilloso (A-6)
	Suelo Arcilloso (A-7-5)
	Suelo Arcilloso (A-7-6)

En el ANEXO III. MAPA DE ZONIFICACIÓN GEOTECNICA, se presenta los resultados del mapa en función del tipo de suelo.

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

Para la generación de este mapa se aplicó el software, en el cual se utilizó una categorización de las diferentes subrasantes de los suelos muestreados del polígono, el mismo que es analizado en función a la clasificación de capacidad de soporte del suelo.

Se elaboró la tabla 3.7, la cual presenta las diferentes clases de suelos por categoría de subrasantes con su clasificación de capacidad.

**Tabla 0.6.** Categorías de subrasantes de las diferentes clases de suelos para la zonificación en función de la capacidad de soporte del suelo.

Categoría de subrasante	Clasificación de capacidad
Subrasante inadecuada	CBR < 3%
Subrasante pobre	$3\% \leq \text{CBR} \leq 6\%$
Subrasante regular	$6\% \leq \text{CBR} \leq 10\%$
Subrasante buena	$10\% \leq \text{CBR} \leq 20\%$
Subrasante muy buena	$20\% \leq \text{CBR} \leq 30\%$
Subrasante excelente	CBR $\geq 30\%$

**Fuente:** Ensayo C.B.R. Adoptado de (U.C.N.C, s.f.).

Los resultados obtenidos de soporte de suelo en cada calicata a través de esta investigación se muestran en el ANEXO I. ENSAYOS DE LABORATORIO Y DE CAMPO

Como resumen en la tabla 3.8 se presentan los datos utilizados para la elaboración del mapa de zonificación geotécnica en función a la capacidad de soporte del suelo.

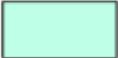
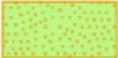
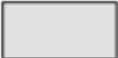
**Tabla 0.7.** Datos para la zonificación geotécnica en función de la capacidad de soporte del suelo.

ID	UBICACIÓN	COORDENADAS			CBR %	CATEGORIA DE LA SUBRASANTE
		X	Y	Z		
# 1	Turupamba	697102	9563505	2064	11	Buena

Fuente: Flores, L. (2015)

En la Figura 3.3 se muestra la tabla de atributos utilizados en el programa ArcGis, la misma que esta dividida mediante polígonos según su capacidad de soporte.

El en Software ArcGis, para la zonificación se a utilizado archivos Shapefile (.shp) de rios, quebradas, vias y curvas de nivel del polígono en estudio, así como también la capacidad de soporte del suelo, utilizando la siguiente simbología de subrasantes.

	Subrasante inadecuada, $CBR < 3\%$
	Subrasante pobre, $3\% \leq CBR \leq 6\%$
	Subrasante regular, $6\% \leq CBR \leq 10\%$
	Subrasante buena, $10\% \leq CBR \leq 20\%$
	Subrasante muy buena, $20\% \leq CBR \leq 30\%$
	Subrasante excelente, $CBR \geq 30\%$

En el ANEXO III. MAPAS DE ZONIFICACION GEOTECNICA presentan los resultados del mapa de zonificación por capacidad de soporte del suelo en el polígono de estudio.

### 3.10. Redacción del trabajo de fin de titulación.

Consiste en la redacción final de este tema de investigación, incluyendo marco teórico, metodología, procedimiento, gráficos, tablas, figuras, fotografías y conclusiones.

## **CAPÍTULO IV. ANÁLISIS DE RESULTADOS**

#### **4.1. Análisis general de la caracterización**

Como resultado de los suelos de muestreo en el polígono Turupamba se presenta un análisis de la caracterización y soporte del suelo a nivel de subrasante en esta zona de estudio, para ser utilizadas en obras de infraestructura vial futuras.

Se utilizó las normas AASHTO para realizar la clasificación general de los suelos a una profundidad de 0.50 m, 1.00 m y 1.50 m se obtuvo los siguientes resultados.

##### **Profundidad de 0.50 m**

Los suelos analizados a una profundidad de 0.50 m en la mayoría de las calicatas están conformado de suelos arcillosos de bajo, medio y alto contenido de humedad, clasificados como un material regular a malo. Un porcentaje menor de los suelos analizados son clasificados como materiales granulares de excelente a bueno.

Los suelos se han clasificado en su mayoría por el grupo A-6 como suelos arcillosos, con un límite líquido menor al 40% y un índice de plasticidad del 11% mínimo, que comprende un índice de grupo del 16% máximo. Otros suelos se han clasificado por el subgrupo A-7-5 donde el índice de plasticidad es igual o menor que el limite liquido menos 30, el subgrupo A-7-6 con el índice de plasticidad mayor que el limite liquido menos 30, y el subgrupo A-2-6 clasificado como material granular con un índice de grupo del 4% máximo.

##### **Profundidad de 1.00 m y 1.50 m**

Los suelos analizados a una profundidad de 1.00 m y 1.50 m en la mayoría de las calicatas están conformado de suelos arcillosos de bajo, medio y alto contenido de humedad, clasificados como un material regular a malo, lo cual muestra que aproximadamente el 35% de los suelos en estudio, son finos. Un porcentaje menor de los suelos analizados son clasificados como materiales granulares de excelente a bueno.

Los suelos se han clasificado en su mayoría por el grupo A-6 como suelos arcillosos, con un límite líquido menor al 40% y un índice de plasticidad del 11% mínimo, que comprende un índice de grupo del 16% máximo. Otros suelos se han clasificado por el subgrupo A-7-5 donde el índice de plasticidad es igual o menor que el limite liquido menos 30, el subgrupo A-7-6 con el índice de plasticidad mayor que el limite liquido menos 30, y el subgrupo A-2-6, A-2-7 clasificados como material granular con un índice de grupo del 4% máximo.

La capacidad portante de los suelos han sido clasificados a través de la categoría de la subrasante según el CBR de cada calicata; dos como subrasantes excelentes, uno como subrasante muy buena, tres como subrasante buena, uno como subrasante regular, dos como subrasante pobre y tres como subrasante inadecuada.

**Tabla 0.8.** Variación de los parámetros de la capacidad de soporte del suelo analizados.

ENSAYOS	Profundidad 1.50 (Rango)
Proctor Modificado: Densidad seca máxima	Varía entre 1.463 y 2.139 kg/cm <sup>3</sup>
Proctor Modificado: Humedad óptima	Varía entre 8.73 y 23.66 %
CBR valor de la relación de soporte	Varía entre 1 y 37 %

**Fuente:** Flores, L. (2014)

El CBR de diseño determinado es del 4%, donde se utilizó el método de las frecuencias establecido por los valores de CBR de laboratorio obtenidos mediante el porcentaje de tránsito a circular como es al 75% (Tráfico mediano).

El material de mejoramiento en su estado natural caracterizado presentó los resultados mostrados en la Tabla 4.3.

**Tabla 0.9.** Resumen de las propiedades mecánicas de la cantera.

ENSAYOS	VALOR
Contenido de humedad	13 %
Límite líquido	20 %
Límite plástico	12 %
Índice de plasticidad	8 %
Desgaste a la abrasión	46%

**Fuente:** Flores, L. (2014)

Puesto que se obtuvo un porcentaje de desgaste a la abrasión de 46%, valor muy cercano al límite según el MTOP (50%). Debido a ello, se procedió a mejorar el material con materiales provenientes del río (80% material de cantera y 20% del material de río Malacatos, lo cual ayudó a mejorar las características del material.

Mejorado el material de cantera con la de río se obtuvo un desgaste de abrasión menos cercano al límite estipulado de la norma, con la mezcla se procede a determinar el ensayo de Proctor modificado y CBR de diseño de la cantera mejorada, la cual es óptima como material de subrasante para el polígono en estudio, los resultados se muestran en la Tabla 4.3.

**Tabla 0.10.** Resumen de las propiedades mecánicas de la cantera mejorada.

<b>ENSAYOS</b>	<b>VALOR</b>
Contenido de humedad	14 %
Limite liquido	27 %
Limite plástico	17 %
Índice de plasticidad	10 %
Desgaste a la abrasión	42 %
Proctor Modificado: Densidad seca máxima	2.229 Kg/m <sup>3</sup>
Proctor Modificado: Humedad optima	6.98 %
CBR valor de la relación de soporte	35 %

**Fuente:** Flores, L. (2014)

A continuación se muestran los perfiles de sondeos geotécnicos de cada calicata, en la cual se detalla la descripción del tipo de suelo a diferente profundidad, como también su clasificación de ensayos de campo y laboratorio.

 <b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL																	
PERFIL SONDEO GEOTÉCNICO						CALIC. N°: 1		Hoja: 1 de 12									
INF-LAB-DGMHC-12-2014						Coord. N: 9563505 E: 697102		Prof. Final: 1,50 m									
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 DENOMINADO TURUPAMBA"						Nivel Fr. Inicio: --- Fin: ---		FECHA: Inicio: 01/10/2013 Fin: 01/06/2014									
UBICACIÓN: TURUPAMBA																	
PROFUNDIDAD (m)	REGISTRO GEOTÉCNICO			GRANULOMETRÍA			LL	IP	W	AASHTO	PENETROMETR BOLSILLO qu (Kg/cm <sup>2</sup> )	C.B.R		PROFUNDIDAD (m)			
	PERFIL	SIMBOLOGÍA	DESCRIPCIÓN	G	S	F						%	%		%	D.C.P %	LAB. %
		Capa vegetal															
--- 0,50		Suelo de color café claro; clasificado por la norma como suelo arcilloso de medio contenido de humedad.	4	45	51	26	11	11.23	A-6					--- 0,50			
--- 1,00		Suelo de color café claro; clasificado por la norma como suelo arcilloso de medio contenido de humedad.	4	45	51	29	13	15.78	A-6					--- 1,00			
--- 1,50		Suelo de color plomo oscuro; clasificado por la norma como suelo arcilloso de medio contenido de humedad.	3	36	61	29	14	13.23	A-6	2.10	14	11		--- 1,50			
						OBSERVACIONES: La toma de muestras y los ensayos son realizados por el profesional en formación						Ing. Carmen Esparza V. DIRECTORA DEL PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN		Leonel Flores Ch. PROFESIONAL EN FORMACIÓN			

Determinado el perfil de sondeo geotécnico de cada pozo a la profundidad de 1.50m, se procede a la selección del CBR de diseño para el polígono, según las especificaciones técnicas del (MTOP) el cálculo correspondiente para determinar el CBR de diseño de la zona de estudio se utilizó los valores de la siguiente tabla 4.4.

**Tabla 0.11** Resumen de los resultados de la capacidad de soporte del suelo

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 "Turupamba"						UBICACIÓN: TURUPAMBA			
Pozo	CALICATA	Registro Geologico		COMPACTACION		CBR de lab.	Penetrómetro Dinámico de Cono (DCP)	Penetrometro de bolsillo	DESCRIPCIÓN
		Profun. de la Subr.	Densidad Seca Max (gr/cm <sup>3</sup> )	Humedad óptimo (%)	%	%	qu (Kg/cm <sup>2</sup> )		
1	# 1	1.5	2,117	9.36	11	14	2.10	La categoría de la subrasante se la considera como Buena	

Considerando la ubicación del polígono en estudio, se utilizó la resistencia de diseño de clase de tránsito medio, en la cual el valor de la resistencia de diseño deberá ser igual o superado el 75% de los resultados de los ensayos, los tres límites de diseño de subrasante se muestra en la tabla 3.3.

El valor de CBR de diseño para el polígono en estudio es del 4%, según la tabla 3.7 se categoriza como una subrasante pobre, la cual requiere que las propiedades sean mejoradas utilizando el material de cantera seleccionada.

Para el presente proyecto se realizó los estudios y ensayos de la cantera más cercana al proyecto como banco de préstamo, los resultados obtenidos son clasificados por la norma AASHTO, determinado como gravas y arenas arcillosas o limosas de tipo A-2-4; en el cuadro siguiente se muestran los valores de clasificación que cumple con las especificaciones recomendadas por el M.O.P. 2002.

En éste estudio no se encontró materiales originales que cumplan los requisitos para estas superficies de áridos no tratados puesto que la resistencia a la abrasión del material de cantera es de 46% y está muy cerca del límite 50% especificado por la norma no brinda la seguridad necesaria para pasar el material como adecuado, se procedió a buscar una dosificación entre material de cantera y material de río (80% material de cantera y 20% de material de río). Dicha combinación de materiales alcanzo las siguientes características:

El CBR de diseño con un valor de 35% está clasificado como un material de subrasante excelente y un porcentaje de abrasión de 42%, el cual es menor al porcentaje obtenido antes de realizar la mezcla, el mismo que cumple con los parámetros recomendadas por el M.O.P. 2002.

## CONCLUSIONES

- Los suelos ensayados por medio de la clasificación AASHTO, se clasifican en su mayoría por los grupos A-6 y A-7-6, clasificados por la norma como suelos arcillosos de elevada plasticidad y de mediana o baja plasticidad.
- Los suelos a nivel de subrasante en los ensayos de CBR al 95% de la densidad seca máxima (referente a ensayos de laboratorio – muestras alteradas), difieren en su mayoría con el valor del CBR de DCP (ensayos de campo – in situ), ya que el valor de CBR obtenido en laboratorio representa la resistencia del suelo en las peores condiciones, mientras que los resultados obtenidos con el ensayo DCP presenta el valor de CBR in situ.
- Utilizando un tráfico mediano del 75%, se obtuvo un 4% de CBR de diseño para el polígono en estudio.
- Analizado el área que conforma el polígono de estudio, en la cual existe un 50% de suelos malos y un valor del 4% de CBR de diseño, se procede a realizar un estudio de materiales provenientes de la cantera Zalapa para poder comprobar si estos cumplen con las características requeridas como material de subrasante.
- Analizado los valores de CBR al 95% de la densidad seca máxima, se calculó un CBR de diseño del 4% para el polígono TURUPAMBA, siendo una categoría de subrasante pobre.
- El área de estudio que conforma el polígono de subrasante es pobre, por lo que se procedió a realizar la caracterización del material de cantera para mejorar las propiedades físico - mecánicas de subrasante del polígono, utilizando la más cercana al polígono.
- El valor de CBR al 95% de la densidad seca máxima del material de la cantera seleccionada es del 35%, siendo aceptable como material de mejoramiento y clasificada como subrasante excelente.
- El desarrollo del presente estudio proporciona un análisis de las propiedades físicas de los suelos del polígono denominado Turupamba, que se compone por los sectores como: Motupe alto, San Agustín, Turupamba y La Florida, de la ciudad de Loja, para que sea una referencia en la construcción posterior de carreteras en esta zona de estudio.

- El mapa de zonificación geotécnica en función de la clasificación de los materiales y de su capacidad de soporte realizada en este proyecto, sirve como parámetro de referencia en la planificación de obras aplicadas a la infraestructura vial en la ciudad de Loja.

## RECOMENDACIONES

- Para caracterizar los materiales a nivel de subrasante se recomienda utilizar el sistema de clasificación AASHTO, el cual es apropiado para obras de infraestructura vial.
- En la extracción de las muestras, se recomienda utilizar una identificación clara y precisa que permita un análisis sin desorden alguno, garantizando un perfil de sondeo representativo.
- Se recomienda determinar la resistencia del material de subrasante bajo la condición más húmeda que se espere una vez que el pavimento se encuentre en servicio.
- Se recomienda en la fase constructiva, realizar un estudio de mecánica de suelos, para la respectiva verificación del material de subrasante, para su conformación o ajuste en el diseño del pavimento.
- Con el objetivo de mejorar las capacidades de soporte bajas e inadecuadas del polígono estudiado, se recomienda utilizar el material de la cantera más cercana como es la de Zalapa, por ser categorizada como una subrasante excelente.
- Para mejorar los materiales de subrasante se debe utilizar las especificaciones recomendadas por el MOP 2002.

## BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO T 96. *Método de prueba estándar para la resistencia a la degradación para agregado grueso de tamaño pequeño por medio de la abrasión e impacto en la máquina de los angeles.*
- ASTM D 2216-98. *Método de prueba estándar para la determinación en laboratorio del contenido de agua (humedad) de suelos y rocas por masa.*
- ASTM D 1557-78. *Métodos de ensayos estándar para determinar la relación humedad-densidad de suelos y mezclas de suelo-agregado usando un martillo de 4.54 kg (10 lb) y una caída de 457 mm (18 pulg).*
- ASTM D 1883. *Método estandar para la determinación del Índice de Soporte California de suelos compactados en laboratorio.*
- ASTM D 2573. *Método de ensayo de veleta en el campo para suelos cohesivos.*
- ASTM D 4318. *Métodos estándar de ensayo para límite líquido, límite de plástico, y el índice de plasticidad de los suelos.*
- ASTM D 6951-03. *Método de ensayo estándar para el uso del penetrómetro dinámico de cono en estructuras de pavimentos.*
- ASTM D2488-75. *Práctica Estándar recomendada para la identificación y descripción de suelos (procedimiento visual-manual).*
- CRESPO VILLALAZ, Carlos. (2010). *Mecánica de suelos y cimentaciones.* México: LIMUSA.
- DAS, Braja. (2010). *Principios de Ingeniería de cimentaciones.* México: Artgraph.
- I.C.P.C. (16 de Marzo de 2012). *Instituto Colombiano de Productores de Cemento.* Obtenido de Notas Técnicas: <http://www.cegment.co/uploads/biblioteca/NT%20424%20pdf%20031%20%20Baja.pdf>

- I.C.P.I. (14 de Noviembre de 2007). *Interlocking Concrete Pavement Institute*. Obtenido de ICPI Concrete Paver Installer Course Study Guide versión en Español: [www.icpi.org/sites/default/files/7th\\_edition-Section\\_4-SPANISH.pdf](http://www.icpi.org/sites/default/files/7th_edition-Section_4-SPANISH.pdf)
- MANUAL DE CARRETERAS PERÚ. (18 de Febrero de 2013). *Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú*. Obtenido de Ministerio de Transportes y Comunicaciones Perú: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- MONTEJO, Alfonso. (2002). *Ingeniería de Pavimentos*. Bogotá: Agora.
- MOP-2002. (2002). *Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito: Ministerio de Obras Publicas del Ecuador.
- NEVI-2012. (2013). *Normativa Ecuatoriana Vial: Especificaciones generales para la construcción de caminos y puentes*. Quito: Ministerio de Transporte y Obras Publicas del Ecuador.
- SUAREZ, Jaime. (2013). *Universidad Industrial de Santander*. Obtenido de Ingeniería Civil; Estabilidad de taludes: <http://ocw.uis.edu.co/ingenieria-civil/estabilidad-de.../tema3-enproceso.pdf>
- VALLE, Raúl. (1963). *Carreras, Calles y Aeropistas*. Caracas: "El Ateneo".

## **ANEXOS**

# ANEXO I. ENSAYOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO, POZO 1



## DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL LABORATORIOS UTPL

### ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**NORMA:** ASTM D 4318, AASHTO T-27

**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA

**CALICATA:** 1

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

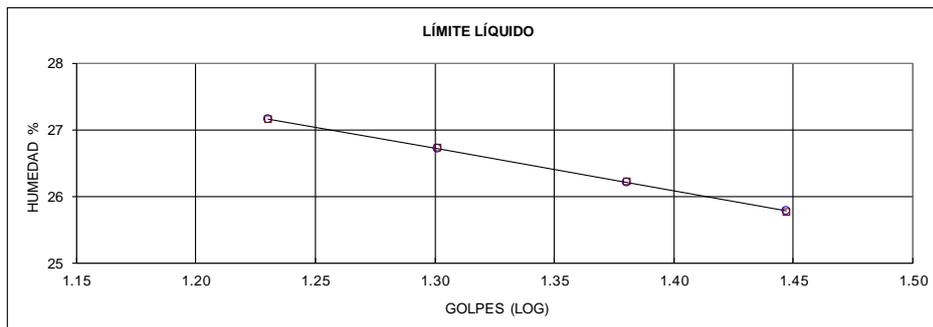
**MUESTRA:** 1

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**PROFUNDIDAD:** 0,50 m

**FECHA:** NOVIEMBRE 2013

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		468.58 454.87	427.95 412.44	63.31 37.64	11.14 11.32	11.23
2.- LÍM. LÍQUIDO	17 20 24 28	88.98 75.52 80.38 83.93	86.39 72.69 78.06 81.23	76.85 62.10 69.21 70.75	27.15 26.72 26.21 25.76	26.09
3.- LÍMITE PLÁSTICO		67.14 71.21	66.72 70.96	63.96 69.33	15.22 15.34	15.28
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 530.27 (H/S)		S		GRAVA 4		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		530.27		ARENA 45		
				FINOS 51		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 26.00		
1"	0.00	0	100	LP = 15.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 11.00		
1/2"	5.86	1	99	CLASIFICACIÓN		
3/8"	9.44	2	98	SUCS : CL		
No. 4	22.27	4	96	AASHTO: A-6		
No. 10	42.89	8	92	IG(86): 4		
No. 40	74.83	14	86	IG(45): 4		
No. 200	261.18	49	51			



CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-6)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.

Ing. Carmen Esparza V.  
DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN

Leonel Flores Ch.  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIOS UTPL

**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**NORMA:** ASTM D 4318, AASHTO T-27

**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA

**CALICATA:** 1

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

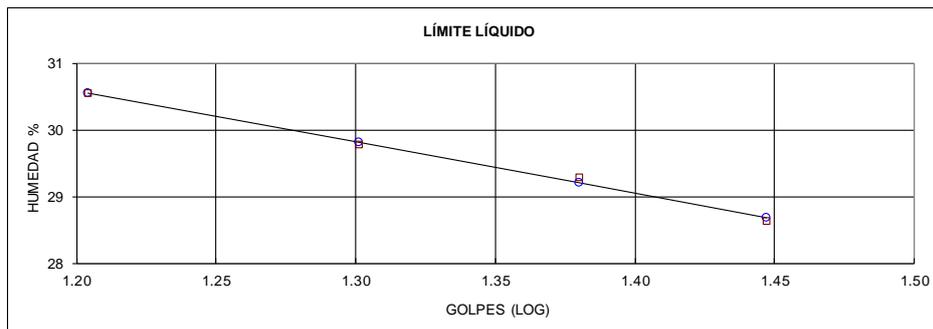
**MUESTRA:** 2

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**PROFUNDIDAD:** 1,00 m

**FECHA:** NOVIEMBRE 2013

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		422.21 424.92	372.95 375.15	63.22 57.33	15.90 15.66	15.78
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 20 24 28	83.92 79.69 83.68 73.80	80.72 76.97 81.17 70.93	70.07 67.68 72.45 60.73	30.05 29.28 28.78 28.14	28.56
3.- LÍMITE PLÁSTICO		67.08 60.81	66.74 60.47	64.60 58.23	15.89 15.18	15.53
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 519.09 (H/S)		S		GRAVA 4		
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		519.09		ARENA 45		
				FINOS 51		
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 29.00		
1"	0.00	0	100	LP = 16.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 13.00		
1/2"	0.00	0	100			
3/8"	5.30	1	99			
No. 4	20.95	4	96	CLASIFICACIÓN		
No. 10	42.37	8	92	SUCS : CL		
No. 40	94.41	18	82	AASHTO: A-6		
No. 200	256.04	49	51	IG(86): 4		
				IG(45): 4		



**CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-6)**

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores Ch.  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIOS UTPL

**ENSAYO DE CLASIFICACIÓN**

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**NORMA:** ASTM D 4318, AASHTO T-27

**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA

**CALICATA:** 1

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

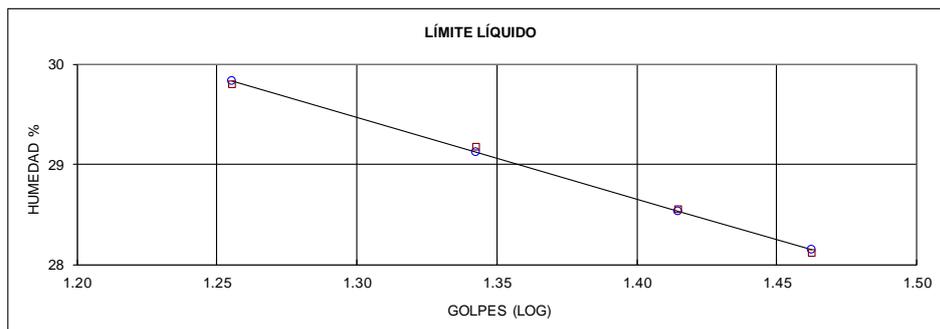
**MUESTRA:** 3

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**PROFUNDIDAD:** 1,50 m

**FECHA:** NOVIEMBRE 2013

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		435.06 449.98	391.35 404.78	61.68 62.61	13.26 13.21	13.23
2.- LÍM. LÍQUIDO	18 22 26 29	87.40 81.54 76.43 82.10	83.80 78.29 73.11 78.56	71.72 67.15 61.48 65.97	29.80 29.17 28.55 28.12	28.67
3.- LÍMITE PLÁSTICO		64.88 74.22	64.42 73.77	61.34 70.75	14.94 14.90	14.92
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 523.81 (H/S)		S		GRAVA		3
PESO INICIAL DE CÁLCULO:		523.81		ARENA		36
				FINOS		61
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA	LL = 29.00		
1"	0.00	0	100	LP = 15.00		
3/4"	0.00	0	100	IP = 14.00		
1/2"	0.00	0	100			
3/8"	5.55	1	99			
No. 4	18.09	3	97			
No. 10	32.45	6	94			
No. 40	55.26	11	89			
No. 200	206.54	39	61			
				CLASIFICACIÓN		
				SUCS : CL		
				AASHTO: A-6		
				IG(86): 7		
				IG(45): 7		



**CLASIFICACIÓN AASHTO: Suelo arcilloso (A-6)**

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores Ch.  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS UTPL**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR**

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA

**NORMA:** T 180-D

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

**MUESTRA:** MATERIAL DE SUB BASE CLASE III

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**PROFUNDIDAD:** 1,50 m

**FECHA:** NOVIEMBRE 2013

**CALICATA:** 1

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	2	
DIÁMETRO:	15,21	cm.
ALTURA:	11,61	cm
VOLUMEN :	2.110	cm <sup>3</sup>
PESO :	6.293	gramos

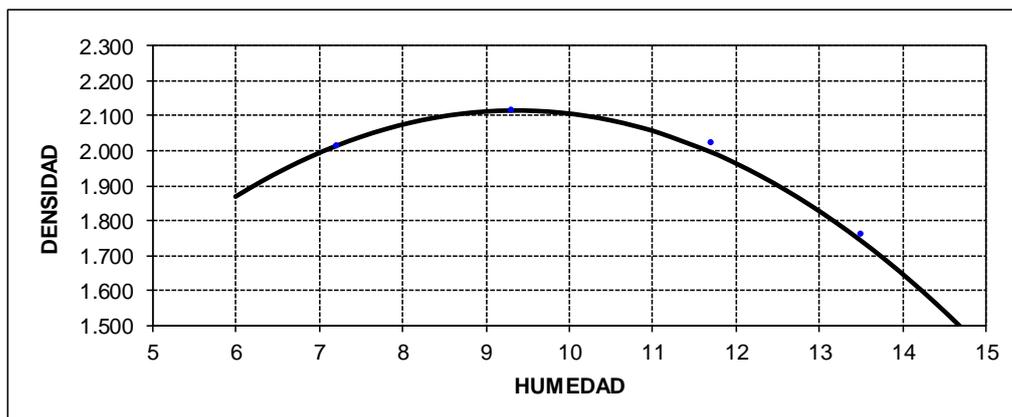
**DATOS PARA LA CURVA:**

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	10.844	11.177	11.046	10.499
Peso suelo:	4.551	4.884	4.753	4.206
Dens. Hum :	2.157	2.315	2.253	1.994

**CONTENIDOS DE HUMEDAD:**

W. hum.:	339,23	274,00	303,60	289,43	420,51	442,32	283,56	293,18
W. seco:	320,36	259,32	282,29	269,67	383,27	402,36	256,91	265,31
W. caps:	61,61	51,94	54,53	59,94	56,59	54,63	57,02	57,77
w (%) :	7,29	7,08	9,36	9,42	11,40	11,49	13,33	13,43
promedio	7,19		9,39		11,45		13,38	
Dens. Seca:	2.013		2.117		2.022		1.759	

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.117 Kg/m<sup>3</sup>  
CONT. DE AGUA OPTIMO = 9,36 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DEL PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores Ch.  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"**OBRA :** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN**REALIZADO:** LEONEL FLORES**FECHA:** JULIO 2014

NUMERO DEL MOLDE Nº	28	84	111
DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,22	15,26	15,31
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,80	12,73	12,74
ALTURA DEL ALZA: (cm)	4,95	4,95	4,95

**NORMA:** ASTM 1883**CALICATA:** 1**PROFUNDIDAD:** 1,50 m

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

MOLDE Nº		28		84		111	
Nº DE GOLPES POR CAPA		56		25		10	
CONDICIÓN DE MUESTRA		ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	12455	12475	11071	11190	10566	10780
PESO DEL MOLDE + BASE	gr.	7072	7072	6067	6067	6005	6005
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA	gr.	5383	5403	5004	5123	4561	4775
VOLUMEN DE MUESTRA	cm <sup>3</sup>	2328,78	2328,78	2328,24	2328,24	2345,36	2345,36
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2,312	2,320	2,149	2,200	1,945	2,036

HUMEDAD		ARRIBA	ABAJO										
RECIPIENTE Nº		LF20	LF10	LF1	LF2	05	07	LF3	LF4	04	010	LF5	LF6
PESO DEL RECIPIENTE.	gr.	66,56	64,32	70,29	70,45	71,13	69,81	65,00	65,45	76,84	66,64	66,89	65,00
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC.	gr.	355,94	372,13	434,20	434,40	345,29	325,70	467,67	444,02	387,60	365,98	440,12	444,49
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC.	gr.	331,35	345,91	402,81	403,15	322,00	303,95	426,55	405,52	361,15	340,49	394,46	398,28
PESO DE AGUA.	gr.	24,59	26,22	31,39	31,25	23,29	21,75	41,12	38,5	26,45	25,49	45,66	46,21
PESO DE MUESTRA SECA.	gr.	264,79	281,59	332,52	332,70	250,87	234,14	361,55	340,07	284,31	273,85	327,57	333,28
CONTENIDO DE HUMEDAD.	gr.	9,29	9,31	9,44	9,39	9,28	9,29	11,37	11,32	9,30	9,31	13,94	13,87
HUMEDAD PROMEDIO.	%.	9,30		9,42		9,29		11,35		9,31		13,90	
DENSIDAD SECA.	gr/cm <sup>3</sup>	2,115		2,120		1,967		1,976		1,779		1,787	

## PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA

MOLDE Nº		28	84	111
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.		12475	11190	10780
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.		12455	11071	10566
PESO DE AGUA ABSORBIDA		20	119	214
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA		0,37	2,38	4,69

## DATOS DE ESPONJAMIENTO

FECHA	TIEMPO	MOLDE Nº 28			MOLDE Nº 84			MOLDE Nº 111		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.
Y	EN	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%
HORA	DÍAS									
	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	2	62,00	0,62	0,48	91,00	0,91	0,71	100,00	1,00	0,78
	3	75,00	0,75	0,59	97,00	0,97	0,76	111,00	1,11	0,87
	4	79,00	0,79	0,62	99,00	0,99	0,78	114,00	1,14	0,89
	5	80,00	0,8	0,63	101,00	1,01	0,79	115,00	1,15	0,90

## DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN

PENETR.	CARGAS	MOLDE Nº 28			MOLDE Nº 84			MOLDE Nº 111		
		LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.	LECTURA DIAL	PRESIÓN	C.B.R. CORREG.
	plg.	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
0,025		45,00	28,16		34,00	21,28		16,00	10,01	
0,050		107,00	66,97		80,00	50,07		28,00	17,52	
0,075		169,00	105,77		120,00	75,11		37,00	23,16	
0,100	1000	221,00	138,32	15,70	149,00	93,26	10,30	45,00	28,16	2,90
0,150		305,00	190,90		194,00	121,42		55,00	34,42	
0,200	1500	381,00	238,46	17,47	233,00	145,83	10,33	62,00	38,80	2,63
0,250		451,00	282,27		268,00	167,74		68,00	42,56	
0,300	1900	520,00	325,46		304,00	190,27		74,00	46,32	
0,400	2300	649,00	406,20		367,00	229,70		86,00	53,83	
0,500	2600	770,00	481,93		429,00	268,51		97,00	60,71	

Ing. Carmen Esparza V.  
DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN

Leonel Flores Ch.  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

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 DENOMINADO TURUPAMBA"

OBRA : ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

CALICATA: 1

LOCALIZACIÓN: TURUPAMBA

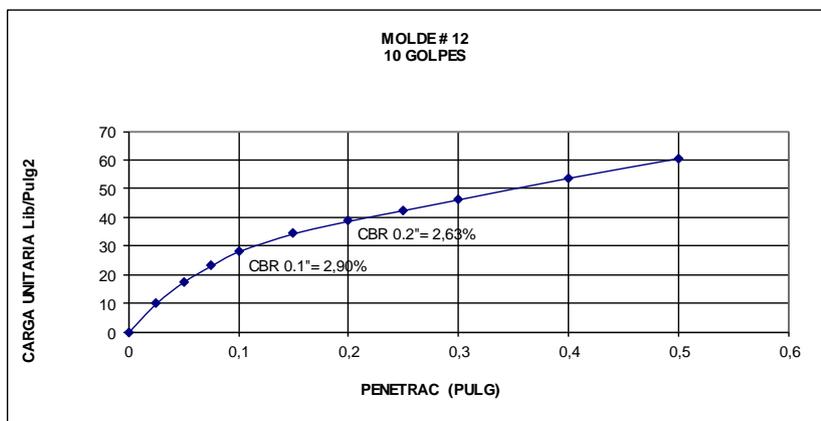
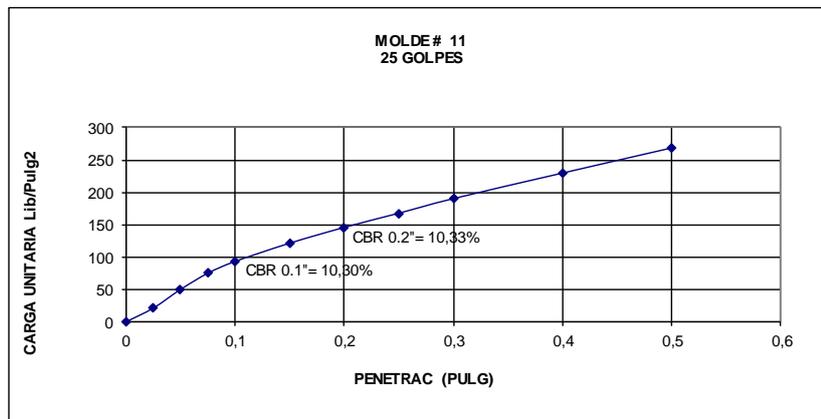
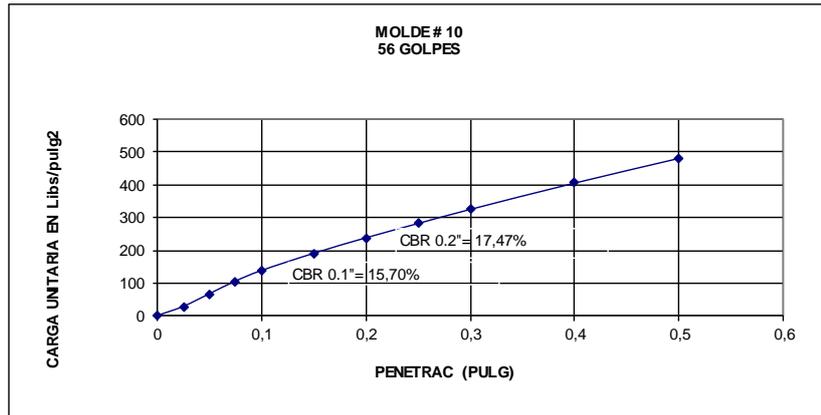
PROFUNDIDAD: 1,50 m

SOLICITADO: DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

REALIZADO: LEONEL FLORES

FECHA: JULIO 2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



Ing. Carmen Esparza V.

DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN  
DE TITULACIÓN

Leonel Flores Ch.

PROFESIONAL EN FORMACIÓN



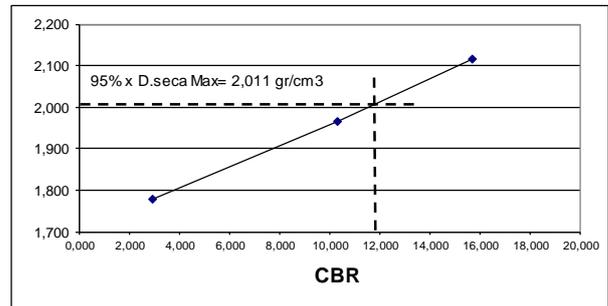
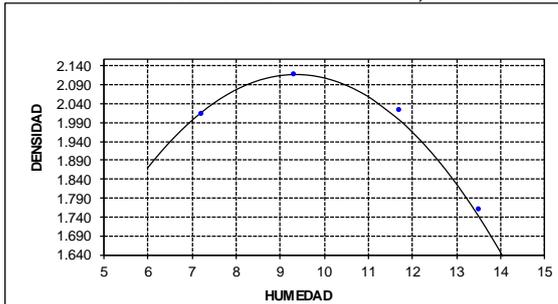
DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UTPL

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE  
**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA  
**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN  
**REALIZADO:** LEONEL FLORES  
**MUESTRA:** 1  
**PROFUNDIDAD:** 1,50 m  
**FECHA:** JULIO 2014

**DENSIDAD SECA MÁXIMA=** 2,117 **GR/CM<sup>3</sup>**  
**CONT. DE AGUA ÓPTIMO =** 9,36 **%**



95% Dens. Sec. Max = 2,011

# golpes	C.B.R.		D. SECA
	0,1	0,2	MAX.
56	15,700	17,470	2,115
25	10,300	10,330	1,967
10	2,900	2,630	1,779

**C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 12%**

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

Ing. Carmen Esparza V.  
DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN

Leonel Flores Ch.  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN

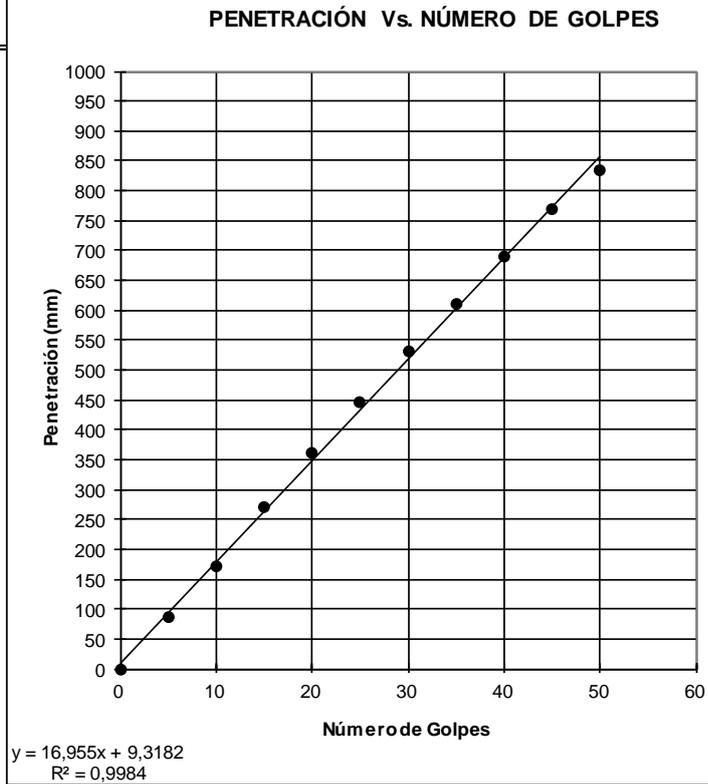


**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - UTPL

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

**LOCALIZACIÓN:** TURUPAMBA  
**CALICATA:** 1  
**PROFUNDIDAD:** 1,50 m  
**VALOR mm/golpe :** 16,70  
**CBR (Kleyn 1975) =** 14,37  
**CBR (Kleyn & Heerden 1983) =** 11,40  
**CBR (Harrison 1987) =** 15,53  
**Valor CBR Promedio =** 13,77

Golpes Acumulados	Penetración (mm)
0	0
5	85
10	170
15	270
20	360
25	445
30	530
35	610
40	690
45	770
50	835



Observaciones: El ensayo es realizado por el profesional en formación

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN  
DE TITULACIÓN**

Leonel Flores Ch.  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

## ANEXO II. ENSAYOS DE CANTERA EN SU ESTADO NATURAL



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
LABORATORIOS UTPL

### ENSAYO DE CLASIFICACIÓN

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA :** ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO

**NORMA:** ASTM D 422

**LOCALIZACIÓN:** CANTERA ZALAPA

**MUESTRA:** MATERIAL DE CANTERA

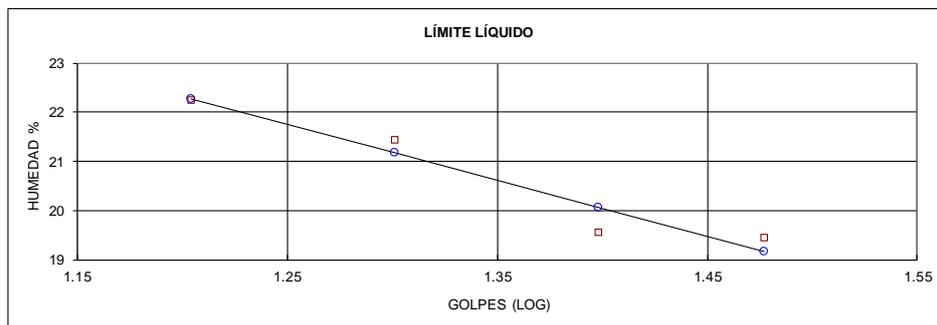
**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

**PROFUNDIDAD:** NIVEL DE SUBRASANTE

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**FECHA :** DICIEMBRE 2014

	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO
1. CONTENIDO DE AGUA		414.36 420.75	374.66 379.73	60.24 63.22	13 13	13
2.- LÍM. LÍQUIDO	16 20 25 30	73.81 72.41 67.11 77.46	70.82 69.56 64.79 75.09	57.38 56.26 52.93 62.90	22 21 20 19	20
3.- LÍMITE PLÁSTICO		68.30 56.58	68.17 56.46	67.12 55.48	12 12	12
4.- GRANULOMETRÍA				5.- CLASIFICACIÓN		
PESO IN= 3100.40 (H/S)		S 3054.30		GRAVA	52	
PESO INICIAL DE CÁLCULO:				ARENA	47	
				FINOS	1	
TAMIZ	PESO RT.	% RET	% PASA			
1"	143.00	5	95	LL =	20	
3/4"	406.00	13	87	LP =	12	
1/2"	742.00	24	76	IP =	8	
3/8"	994.00	33	67	CLASIFICACIÓN		
No. 4	1586.00	52	48	SUCS :	SM	
No. 10	2117.00	69	31	AASHTO:	A-2-4	
No. 40	2606.00	85	15	IG(86):	0	
No. 200	3018.00	99	1	IG(45):	0	



CLASIFICACIÓN AASHTO: Grava y arena limo arcillosas (A-2-4)

Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO  
DE FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



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

**DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS 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'

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE MEJORAMIENTO      **NORMA:** AASHTO T 96 - 02  
**LOCALZ.:** ZALAPA      **MUESTRA:** MATERIAL DE CANTERA  
**FECHA:** 02/09/2014      **REALIZADO:** LEONEL FLORES

**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 )	1254.00			
25	( 1 )	19	(3/4)	1250.00			
19	(3/4)	12.5	(1/2)	1250.00			
12.5	(1/2)	9.5	(3/8)	1250.00			
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 (gr)				5004			

<b>Numero de esferas:</b>	12	<b>Masa de la carga abrasiva:</b>	4956 gr
<b>Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):</b>	5004.00	gr	
<b>Masa de la muestra despues de 500 revoluciones (B):</b>	2694	gr	
<b>Valor de abrasión despues de 500 revoluciones (V):</b>	46.16	%	

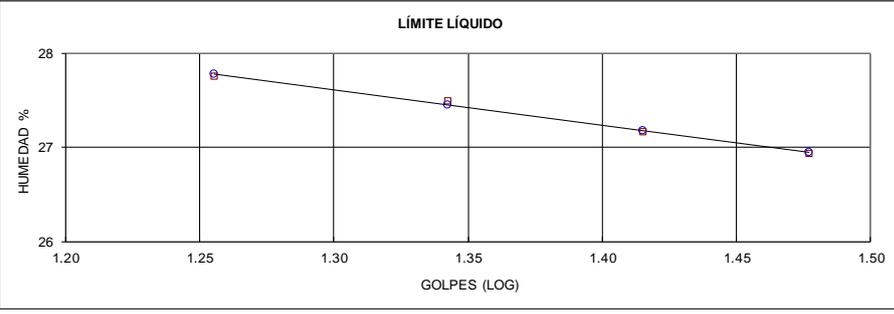
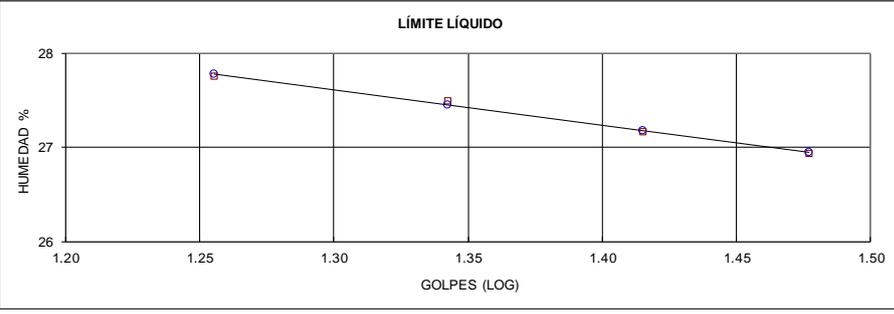
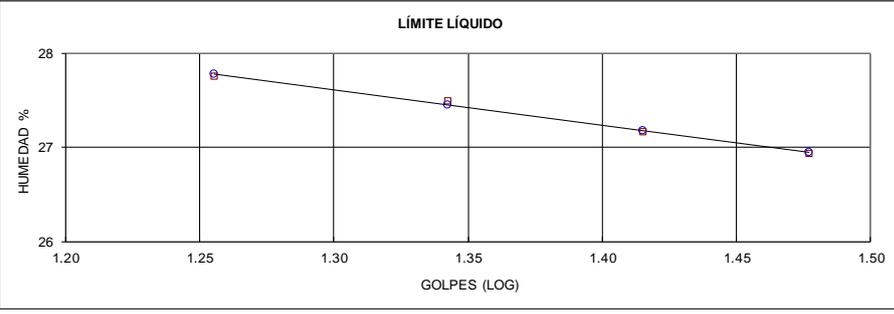
Valor de Abrasión en Porcentaje	V=	$(A - B)/A * 100$	Requisitos de Desgaste a la Abrasión	Máximo 50%
---------------------------------	----	-------------------	--------------------------------------	---------------

**Observación:** El valor de abrasión esta muy cercano al máximo permitido por la norma por lo que se recomienda una mezcla de mejoramiento con material de rio de un 20% y 80% material de cantera.

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**

## ENSAYOS DE CANTERA MEJORADA

	<b>DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL</b> LABORATORIOS UTPL																																																																																																																																								
<b>ENSAYO DE CLASIFICACIÓN</b>																																																																																																																																									
INF-LAB-DGM-IC-06-2014 <b>PROYECTO:</b> "CARACTERIZACIÓN DE LOS MATERIALES DE SUBRASANTE EN ZONAS NO URBANIZADAS DE LA CIUDAD DE LOJA, APLICADAS A OBRAS DE INFRAESTRUCTURA VIAL EN EL POLÍONO DENOMINADO TURUPAMBA" <b>OBRA:</b> ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE <b>LOCALIZACIÓN:</b> CANTERA ZALAPA <b>SOLICITADO:</b> DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN <b>REALIZADO:</b> LEONEL FLORES <b>FECHA:</b> 29 - 11 - 2013																																																																																																																																									
NORMA: ASTM D 4318, AASHTO T-27 CALICATA: MUESTRA: PROFUNDIDAD:																																																																																																																																									
	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th></th> <th>GOLPES</th> <th>PESO HUM.</th> <th>PESO SECO</th> <th>CÁPSULA</th> <th>w %</th> <th>RESULTADO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1. CONTENIDO DE AGUA</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td style="text-align: center;">0.00</td> </tr> <tr> <td rowspan="4">2.- LÍM. LÍQUIDO</td> <td style="text-align: center;">18</td> <td style="text-align: center;">71.72</td> <td style="text-align: center;">69.60</td> <td style="text-align: center;">61.96</td> <td style="text-align: center;">27.75</td> <td rowspan="4" style="text-align: center;">27.24</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">22</td> <td style="text-align: center;">70.19</td> <td style="text-align: center;">68.37</td> <td style="text-align: center;">61.75</td> <td style="text-align: center;">27.49</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">26</td> <td style="text-align: center;">64.65</td> <td style="text-align: center;">62.61</td> <td style="text-align: center;">55.10</td> <td style="text-align: center;">27.16</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">47.75</td> <td style="text-align: center;">45.35</td> <td style="text-align: center;">36.44</td> <td style="text-align: center;">26.94</td> </tr> <tr> <td>3.- LÍMITE PLÁSTICO</td> <td></td> <td style="text-align: center;">66.64 64.07</td> <td style="text-align: center;">66.34 63.74</td> <td style="text-align: center;">64.57 61.76</td> <td style="text-align: center;">16.95 16.67</td> <td style="text-align: center;">16.81</td> </tr> <tr> <td>4.- GRANULOMETRÍA</td> <td colspan="5" style="text-align: center;">5.- CLASIFICACIÓN</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">                 PESO IN= 3100.40 (HS) S                  PESO INICIAL DE CÁLCULO: 3100.40             </td> <td colspan="2"></td> <td style="text-align: center;">                 GRAVA 51                  ARENA 31                  FINOS 18             </td> <td colspan="2"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">TAMIZ</td> <td style="text-align: center;">PESOR T.</td> <td style="text-align: center;">% RET</td> <td style="text-align: center;">% PASA</td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1"</td> <td style="text-align: center;">235.91</td> <td style="text-align: center;">8</td> <td style="text-align: center;">92</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">LL = 27</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3/4"</td> <td style="text-align: center;">467.16</td> <td style="text-align: center;">15</td> <td style="text-align: center;">85</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">LP = 17</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">1/2"</td> <td style="text-align: center;">917.72</td> <td style="text-align: center;">30</td> <td style="text-align: center;">70</td> <td colspan="3" style="text-align: center;">IP = 10</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">3/8"</td> <td style="text-align: center;">1119.95</td> <td style="text-align: center;">36</td> <td style="text-align: center;">64</td> <td colspan="3" rowspan="5" style="text-align: center;">                 CLASIFICACIÓN                  SUCS : GC                  AASHTO: A-2-4                  IG(86): 0                  IG(45): 0             </td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No. 4</td> <td style="text-align: center;">1576.60</td> <td style="text-align: center;">51</td> <td style="text-align: center;">49</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No. 10</td> <td style="text-align: center;">1917.30</td> <td style="text-align: center;">62</td> <td style="text-align: center;">38</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No. 40</td> <td style="text-align: center;">2253.54</td> <td style="text-align: center;">73</td> <td style="text-align: center;">27</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">No. 200</td> <td style="text-align: center;">2539.33</td> <td style="text-align: center;">82</td> <td style="text-align: center;">18</td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">  </td> </tr> <tr> <td colspan="7" style="text-align: center;">                 CLASIFICACIÓN AASHTO: Grava y arena limo arcillosas (A-2-4)             </td> </tr> <tr> <td colspan="7">                 Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.             </td> </tr> <tr> <td colspan="4" style="text-align: center;">                 Ing. Carmen Esparza V.  <b>DIRECTORA DE PROYECTO                  DE FIN DE TITULACIÓN</b> </td> <td colspan="3" style="text-align: center;">                 Leonel Flores  <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b> </td> </tr> </tbody></table>		GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO	1. CONTENIDO DE AGUA						0.00	2.- LÍM. LÍQUIDO	18	71.72	69.60	61.96	27.75	27.24	22	70.19	68.37	61.75	27.49	26	64.65	62.61	55.10	27.16	30	47.75	45.35	36.44	26.94	3.- LÍMITE PLÁSTICO		66.64 64.07	66.34 63.74	64.57 61.76	16.95 16.67	16.81	4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN						PESO IN= 3100.40 (HS) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 3100.40				GRAVA 51 ARENA 31 FINOS 18			TAMIZ	PESOR T.	% RET	% PASA				1"	235.91	8	92	LL = 27			3/4"	467.16	15	85	LP = 17			1/2"	917.72	30	70	IP = 10			3/8"	1119.95	36	64	CLASIFICACIÓN SUCS : GC AASHTO: A-2-4 IG(86): 0 IG(45): 0			No. 4	1576.60	51	49	No. 10	1917.30	62	38	No. 40	2253.54	73	27	No. 200	2539.33	82	18								CLASIFICACIÓN AASHTO: Grava y arena limo arcillosas (A-2-4)							Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.							Ing. Carmen Esparza V. <b>DIRECTORA DE PROYECTO                  DE FIN DE TITULACIÓN</b>				Leonel Flores <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>		
	GOLPES	PESO HUM.	PESO SECO	CÁPSULA	w %	RESULTADO																																																																																																																																			
1. CONTENIDO DE AGUA						0.00																																																																																																																																			
2.- LÍM. LÍQUIDO	18	71.72	69.60	61.96	27.75	27.24																																																																																																																																			
	22	70.19	68.37	61.75	27.49																																																																																																																																				
	26	64.65	62.61	55.10	27.16																																																																																																																																				
	30	47.75	45.35	36.44	26.94																																																																																																																																				
3.- LÍMITE PLÁSTICO		66.64 64.07	66.34 63.74	64.57 61.76	16.95 16.67	16.81																																																																																																																																			
4.- GRANULOMETRÍA	5.- CLASIFICACIÓN																																																																																																																																								
PESO IN= 3100.40 (HS) S PESO INICIAL DE CÁLCULO: 3100.40				GRAVA 51 ARENA 31 FINOS 18																																																																																																																																					
TAMIZ	PESOR T.	% RET	% PASA																																																																																																																																						
1"	235.91	8	92	LL = 27																																																																																																																																					
3/4"	467.16	15	85	LP = 17																																																																																																																																					
1/2"	917.72	30	70	IP = 10																																																																																																																																					
3/8"	1119.95	36	64	CLASIFICACIÓN SUCS : GC AASHTO: A-2-4 IG(86): 0 IG(45): 0																																																																																																																																					
No. 4	1576.60	51	49																																																																																																																																						
No. 10	1917.30	62	38																																																																																																																																						
No. 40	2253.54	73	27																																																																																																																																						
No. 200	2539.33	82	18																																																																																																																																						
																																																																																																																																									
CLASIFICACIÓN AASHTO: Grava y arena limo arcillosas (A-2-4)																																																																																																																																									
Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.																																																																																																																																									
Ing. Carmen Esparza V. <b>DIRECTORA DE PROYECTO                  DE FIN DE TITULACIÓN</b>				Leonel Flores <b>PROFESIONAL EN FORMACIÓN</b>																																																																																																																																					



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

**DETERMINACIÓN DEL VALOR DE ABRASIÓN DEL ÁRIDO GRUESO DE PARTÍCULAS 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'

<b>OBRA:</b>	ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE	<b>NORMA:</b>	AASHTO T 96 - 02
<b>LOCALZ.:</b>	ZALAPA	<b>MUESTRA:</b>	MATERIAL DE CANTERA
<b>SOLIC:</b>	LEONEL FLORES	<b>REALIZADO:</b>	LEONEL FLORES
<b>FECHA:</b>	02/09/2014		

**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 )	1250,50			
25	( 1 )	19	(3/4)	1250,70			
19	(3/4)	12,5	(1/2)	1250,20			
12,5	(1/2)	9,5	(3/8)	1250,70			
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 (gr)				5002,1			

<b>Numero de esferas:</b>	12	<b>Masa de la carga abrasiva:</b>	4956 gr
<b>Masa total de la muestra seleccionada antes del ensayo (A):</b>	5002,10	gr	
<b>Masa de la muestra despues de 500 revoluciones (B):</b>	2919,54	gr	
<b>Valor de abrasión despues de 500 revoluciones (V):</b>	41,63	%	

Valor de Abrasión en Porcentaje	V=	$(A - B)/A * 100$	Requisitos de Desgaste a la Abrasión	Máximo 50%
---------------------------------	----	-------------------	--------------------------------------	---------------

**Observación:** si cumple con los requisitos de Desgaste de abrasion con un mejoramiento del 80% de material de cantera y un 20% de material de rio.

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL  
LABORATORIOS UTPL

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**LOCALIZACIÓN:** CANTERA ZALAPA MEJORADA

**NORMA:** T 180-D

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

**MUESTRA:** MATERIAL DE MEJORAMIENTO

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**FECHA:** 16 - 5 -2014

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	1	
DIÁMETRO:	15,22	cm.
ALTURA:	11,6	cm
VOLUMEN :	2.110	cm <sup>3</sup>
PESO :	6.252	gramos

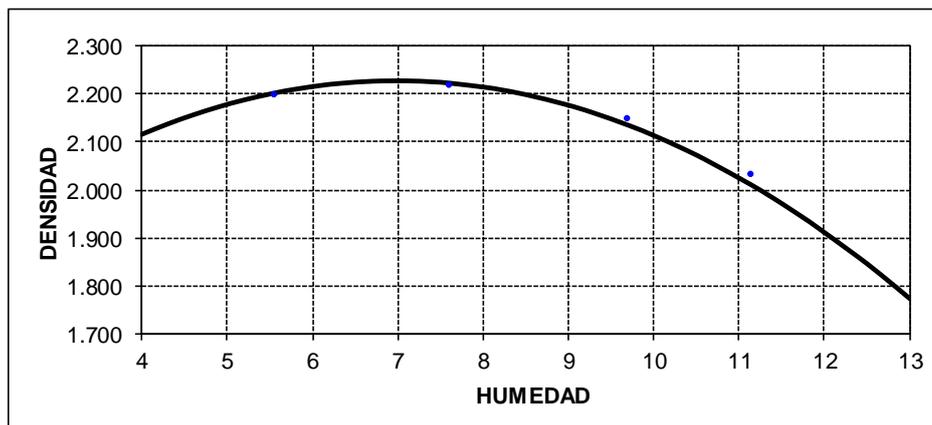
DATOS PARA LA CURVA:

PUNTO No.:	1	2	3	4
Peso comp.:	11.145	11.303	11.218	11.020
Peso suelo:	4.893	5.051	4.966	4.768
Dens. Hum :	2.318	2.393	2.353	2.259

CONTENIDOS DE HUMEDAD:

W. hum.:	452,33	437,71	431,37	485,17	416,56	457,12	470,78	465,14
W. seco:	433,02	418,20	405,03	455,59	385,91	424,10	430,67	425,68
W. caps:	67,31	70,41	74,62	72,29	69,41	69,64	72,50	69,44
w (%) :	5,28	5,61	7,97	7,72	9,68	9,32	11,20	11,08
promedio	5,44		7,84		9,50		11,14	
Dens. Seca:	2.199		2.219		2.149		2.033	

RESULTADOS: DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.229 Kg/m<sup>3</sup>  
CONT. DE AGUA OPTIMO = 6,98 %



Observaciones: La toma de muestras es realizada por el profesional en formación y llevada al laboratorio de la UTPL.

Ing. Cramen Esparza V.

Leonel Flores Ch.

**DIRECTORA DE PROYECTO  
DE FIN DE TITULACIÓN**

**PROFESIONAL EN  
FORMACIÓN**



**DEPARTAMENTO DE GEOLOGÍA Y MINAS E INGENIERÍA CIVIL**  
**LABORATORIOS UTPL**

INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA :** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

**LOCALIZACIÓN:** CANTERA DE ZALAPA MEJORADA

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**FECHA:** 02-06-2014

NUMERO DEL MOLDE N°	SP5	SP8	SP12
DIÁMETRO DEL MOLDE: (cm)	15,24	15,34	15,36
ALTURA DEL MOLDE: (cm)	12,79	12,67	12,76
ALTURA DEL ALZA: (cm)	5,06	5,06	5,06

NORMA: ASTM 1883

MUESTRA: 1

PROFUNDIDAD:

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

MOLDE N°	SP5		SP8		SP12	
	56		25		10	
N° DE GOLPES POR CAPA						
CONDICIÓN DE MUESTRA	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.	ANTES SATURAR.	DESP. SATURAR.
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + MOLDE gr.	11560	11624	11020	11290	11719	12310
PESO DEL MOLDE + BASE gr.	5994	5994	5751	5751	6544	6544
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA gr.	5566	5630	5269	5539	5175	5766
VOLUMEN DE MUESTRA cm <sup>3</sup>	2334,31	2334,31	2341,62	2341,62	2365,33	2365,33
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2,384	2,412	2,250	2,365	2,188	2,438

HUMEDAD	ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO		ARRIBA		ABAJO	
	3	CT-10	LF7	D80	MY15	B8	B6	U22	JA5	U61	B5	13
RECIPiente N°	3	CT-10	LF7	D80	MY15	B8	B6	U22	JA5	U61	B5	13
PESO DEL RECIPIENTE gr.	60,50	64,36	59,22	50,00	60,00	65,60	61,75	59,52	54,78	64,27	65,45	61,50
PESO DE LA MUESTRA HÚMEDA + REC. gr.	372,14	414,57	505,22	480,23	395,10	370,43	509,21	514,47	411,66	383,41	496,01	567,06
PESO DE LA MUESTRA SECA + REC. gr.	351,78	391,75	475,75	452,10	373,58	350,45	477,80	483,10	388,58	362,75	456,88	520,68
PESO DE AGUA gr.	20,36	22,82	29,47	28,13	21,52	19,98	31,41	31,37	23,08	20,66	39,13	46,38
PESO DE MUESTRA SECA gr.	291,28	327,39	416,53	402,10	313,58	284,85	416,05	423,58	333,8	298,48	391,43	459,18
CONTENIDO DE HUMEDAD gr.	6,99	6,97	7,08	7,00	6,86	7,01	7,55	7,41	6,91	6,92	10,00	10,10
HUMEDAD PROMEDIO %	6,98		7,04		6,94		7,48		6,92		10,05	
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	2,229		2,253		2,104		2,201		2,046		2,215	

**PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA**

MOLDE N°	SP5	SP8	SP12
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE DESPUÉS DE SATURACIÓN.	11624	11290	12310
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE ANTES DE SATURACIÓN.	11560	11020	11719
PESO DE AGUA ABSORBIDA	64	270	591
PORCENTAJE DE AGUA ABSORBIDA	1,15	5,12	11,42

**DATOS DE ESPONJAMIENTO**

FECHA	TIEMPO	MOLDE N° 10			MOLDE N° 11			MOLDE N° 12		
		LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.	LECTURA DIAL	CAMBIO DE	ESPONJAM.
HORA	DÍAS	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%	mm x 10 <sup>-2</sup>	LONGITUD mm	%
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	24,00	0,24	0,19	34,00	0,34	0,27	43,00	0,43	0,34	0,34
3	24,00	0,24	0,19	37,00	0,37	0,29	43,00	0,43	0,34	0,34
4	24,00	0,24	0,19	37,00	0,37	0,29	43,00	0,43	0,34	0,34
5	24,00	0,24	0,19	40,50	0,41	0,32	43,00	0,43	0,34	0,34

**DATOS ENSAYO DE PENETRACIÓN**

PENETR.	CARGAS	MOLDE N° 10			MOLDE N° 11			MOLDE N° 12		
		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 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	plg x 10 <sup>-4</sup>	lb/plg <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
0,025		23,50	79,42		22,00	74,35		3,00	10,14	
0,050		58,00	196,01		48,00	162,21		8,00	27,04	
0,075		95,00	321,05		69,00	233,18		12,00	40,55	
0,100	1000	126,00	425,81	56,00	84,00	283,87	32,50	15,50	52,38	5,60
0,150		182,00	615,06		111,00	375,12		20,50	69,28	
0,200	1500	228,00	770,51	58,67	135,00	456,22	31,67	24,50	82,80	5,73
0,250		270,00	912,45		156,00	527,19		28,00	94,62	
0,300	1900	308,00	1040,86		172,00	581,26		31,50	106,45	
0,400	2300	380,00	1284,18		202,00	682,65		38,50	130,11	
0,500	2600	442,00	1493,71		229,00	773,89		44,00	148,69	

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores  
**PROFESIONAL EN FORMACIÓN**



INF-LAB-DGM-IC-12-2014

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

**OBRA :** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE

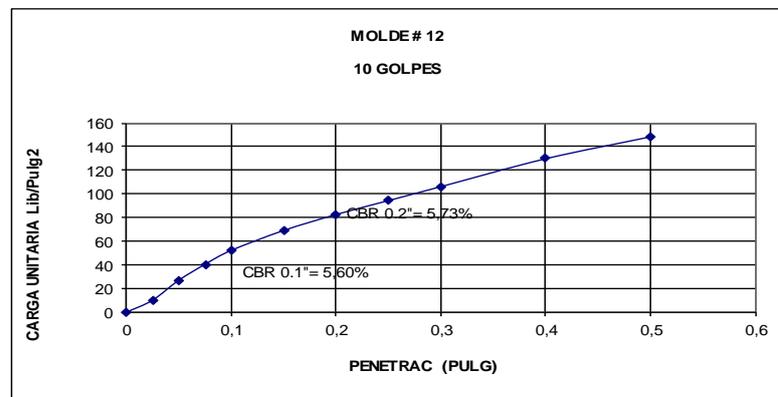
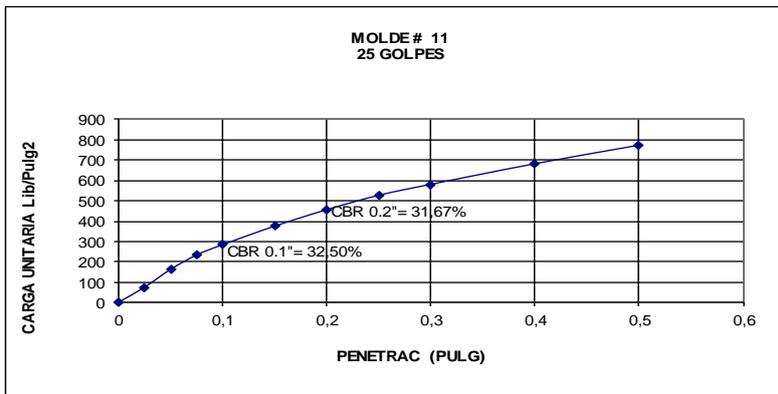
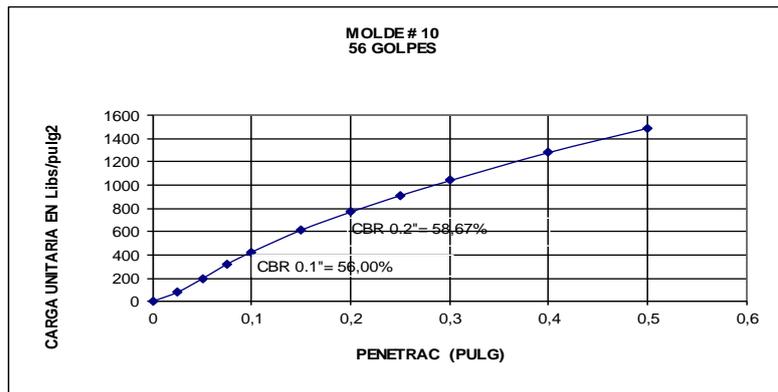
**LOCALIZACIÓN:** CANTERA ZALAPA MEJORADA

**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN

**REALIZADO:** LEONEL FLORES

**FECHA:** 06-06-2014

CURVAS DE CARGA UNITARIA - PENETRACIÓN



Ing. Carmen Esparza V.  
DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN  
DE TITULACIÓN

Leonel Flores  
PROFESIONAL EN FORMACIÓN

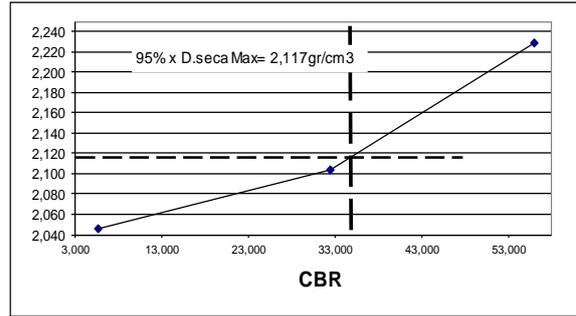
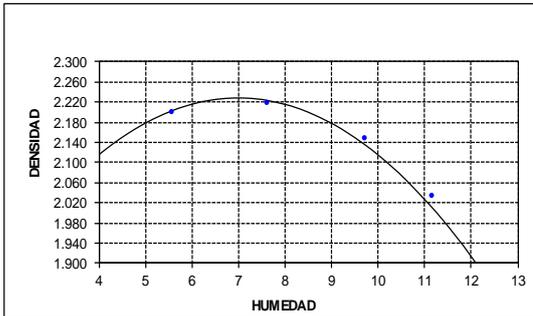


INF-LAB-DGM-IC-12-2014

**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 DENOMINADO TURUPAMBA"

**OBRA:** ESTUDIO DE MATERIAL DE SUBRASANTE  
**LOCALIZACIÓN:** CANTERA DE ZALAPA  
**SOLICITADO:** DIRECTORA DE PROYECTO DE FIN DE TITULACIÓN  
**REALIZADO:** LEONEL FLORES  
**MUESTRA:** 1  
**PROFUNDIDAD:**  
**FECHA:** 23-05-2014

**DENSIDAD SECA MÁXIMA= 2.229 GR/CM<sup>3</sup>**  
**CONT. DE AGUA ÓPTIMO = 6,98 %**



95% Dens. Sec. Max = 2,117

**C.B.R. DE DISEÑO AL 95% COMPACTACIÓN = 35.00%**

# golpes	C.B.R.		D. SECA MAX
	0,1	0,2	
56	56,000	58,670	2,229
25	32,500	31,670	2,104
10	5,600	5,730	2,046

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

Ing. Carmen Esparza V.  
**DIRECTORA DE PROYECTO DE  
FIN DE TITULACIÓN**

Leonel Flores Ch.  
**PROFESIONAL EN  
FORMACIÓN**