

UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

**PROPIEDADES FISICO MECÁNICAS DEL SUELO EN EL
COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA AV.
CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA**

PRESENTADO POR

Bach. MARQUEZ TACCA, Aníbal Edison

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO CIVIL

JULIACA -- PERÚ

2017



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ACTA DE TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

En Juliaca, siendo las 11:00 Hrs. del 10 de febrero del 2017, bajo la presidencia del catedrático:

Mg. HUGO ANSELMO CCAMA CONDORI

Se inició la Sesión Pública de Sustentación y Evaluación correspondiente, para obtener el Título Profesional de **INGENIERO CIVIL**, bajo la modalidad de Sistema de Tesis (Resolución 3175-2003-R-UAP), en la que:

MARQUEZ TACCA, ANIBAL EDISON

Sustento la Tesis titulada:

"PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL SUELO EN EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA AV. CIRCUNVALACION DE LA CIUDAD DE JULIACA"

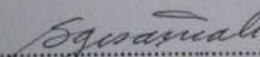
Ante el Jurado integrado por los señores catedráticos:

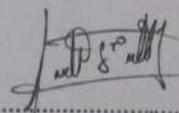
Mg. HUGO ANSELMO CCAMA CONDORI	(Presidente)
Ing. GILMER SALAS MADERA	(Miembro/Secretario)
Ing. RAUL REYNALDO ITO DIAZ	(Miembro)

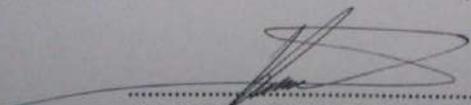
Sustentado el mismo, el graduando obtuvo el siguiente resultado:

APROBADO POR UNANIMIDAD

En fe de lo cual se asentó la presente Acta que firman el Señor Presidente y los demás miembros del Jurado.


.....
Ing. GILMER SALAS MADERA
Miembro/Secretario


.....
Ing. RAUL REYNALDO ITO DIAZ
Miembro


.....
Mg. HUGO ANSELMO CCAMA CONDORI
Presidente

DEDICATORIA

A Dios por el conocimiento y la salud y
toda la fortaleza

A mi Familia por su constante apoyo

A los profesores por su compañía
durante el proceso

ANIBAL EDISON

AGRADECIMIENTO

A la "Universidad Alas Peruanas, a la facultad de Ingenierías y Arquitectura, en especial a la escuela profesional de Ingeniería Civil", y a todos los docentes por el conocimiento compartido.

A todos los amigos con quienes siempre es posible conversar sobre la ingeniería y su relación frente a los vertiginosos cambios de la ciencia y tecnología, esperando siempre mantenernos a la vanguardia del conocimiento.

ANIBAL EDISON

RESUMEN

La presente tesis de investigación titulado “propiedades físico mecánicas del suelo en el comportamiento del pavimento de la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca”, es un estudio que Permite contribuir a la solución del problema en que se encuentra la vía urbana que comprende al tramo que inicia en la Av. Independencia – Av. Huancané, la misma que presenta desniveles y hoyos que dificultan el tránsito normal de los vehículos, En ese contexto es necesario analizar el comportamiento del pavimento existente a fin de determinar los valores que presenta la estructura y el suelo de fundación, porque son los elementos de soportan y que determinan el funcionamiento y la transitabilidad de la vía. EL objetivo de este estudio es determinar el comportamiento del pavimento, mediante ensayos de las propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca, Metodológicamente este estudio se orientó a analizar mediante ensayos de laboratorio las muestras tomadas en campo siguiendo los protocolos de la norma técnica peruana, las muestras tomadas corresponden a suelos de fundación y a la sub base y base del pavimento existente, para determinar el comportamiento del pavimento se ha utilizado las pruebas estandarizadas como análisis granulométrico, limite líquido, consistencia, ensayo Proctor y ensayo CBR. De las conclusiones se puede mencionar que tras haber evaluado las muestras de suelos en laboratorio, proporciona valores inferiores de los requerimientos técnicos de la norma Peruana, además nos encontramos frente a suelos mal gradados, lo que demuestra que los suelos encontrados no son los óptimos para su uso.

Palabras clave: Base y sub base, propiedades físico mecánicas, suelo, pavimento, terreno de fundación

INDICE

INTRODUCCIÓN.....	11
CAPITULO I : PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO	12
1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA	12
1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN.....	13
1.2.1. Delimitación espacial.....	13
1.2.2. Delimitación temporal.....	13
1.2.3. Delimitación social/conductual.....	14
1.2.4. Delimitación conceptual.....	14
1.3. PLANTEAMIENTO PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	14
1.3.1. Problema General	14
1.3.2. Problemas Específicos	14
1.4. OBJETIVO DE LA INVESTIGACIÓN.....	15
1.4.1. Objetivo General.....	15
1.4.2. Objetivos Específicos	15
1.5. FORMULACION HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	15
1.5.1. Hipótesis General	15
1.5.2. Hipótesis Específicas	15
1.6. VARIABLE DE LA INVESTIGACIÓN.....	16
1.6.1. Variable independiente.....	16
1.6.2. Variable dependiente:.....	16
1.6.3. Indicadores:.....	16
1.6.4.Operacionalización de Variables.	16
1.7. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	17
1.7.1. Tipo y nivel de investigación.....	17
a). Tipo de investigación	17
b). Método de investigación.....	17
1.7.2. Diseño y método de investigación	17
a). Método de investigación	17
b). Diseño de investigación.....	19
1.7.3. Población y muestra de la investigación.....	19

a). Población.....	19
b).Muestra.....	19
1.7.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	19
a). Técnicas	19
b). Instrumentos	20
1.8.JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
1.8.1.Justificación.....	20
1.8.2.Importancia	21
1.8.2.Limitaciones.....	21
2 MARCO TEÓRICO.....	22
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.....	22
2.1.1. Estudios específicos.....	23
2.2.BASES TEORICAS.....	24
2.2.1. Nociones de mecanica de suelos.....	24
2.2.1.1. Introduccion.....	24
2.2.1.2. Clasificacion de suelos	25
2.2.1.3. El sistema de clasificación de suelos AASHTO.....	26
2.2.1.4. El sistema de clasificación de suelos S.U.C.S.	31
2.2.1.5. Relaciones gravimétricas y volumétricas.....	40
2.2.1.6. Investigación y evaluación de suelos.....	42
2.2.2.Exploracion de suelos	48
2.2.2.1. Descripcion.....	48
2.2.2.2. Metodos de exploracion.....	50
2.2.2.3. Obtención de Muestras Inalteradas	54
2.2.3. Compactacion de suelos	56
2.2.3.1. Generalidades	56
2.2.3.2. Método PROCTOR.....	57
2.2.3.3. Compactacion.....	61
2.2.3.4. Ensayo de Compactacion.....	65
2.2.3.5. Ensayo de CBR	71
2.2.3.6. Ensayo de Compactación Estática	76
2.2.4. Cimentaciones para estructuras viales	77
2.2.4.1. Descripcion.....	77

2.2.4.2. Zonas distinguibles en un terraplén	78
2.2.4.3. Tipos de terraplenes	79
2.2.4.4. Construcción de terraplenes.....	80
2.2.4.5. Control de calidad del terraplén	81
3 PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACIÓN.....	83
3.1.IDENTIFICACION DE SUELOS.....	83
3.1.1.Ubicacion.....	83
3.1.2. Aspectos generales de la situación actual.....	84
3.1.3. Características de la Situación Negativa	85
3.1.4. Descripción del terreno.....	86
3.1.5. Ensayos realizados en los suelos,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,,	87
3.1.5.1.Ensayo de contenido de humedad	87
3.1.5.2.Ensayo limite liquido	92
3.1.5.3.Ensayo limite plastico	98
3.1.5.4.Ensayo limite granulometrico.....	102
3.1.5.5.Ensayo Proctor	109
3.1.5.6.Ensayo de CBR	116
4 PRESENTACIÓN, ANALISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	119
4.1.TOMA DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS	119
4.2. ANÁLISIS EN LA BASE Y SUB BASE.....	121
4.3. ANALISIS EN EL TERRENO DE FUNDACION	127
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES.....	134
BIBLIOGRAFÍA.....	135
ANEXOS	137

LISTA DE TABLAS

- Tabla II.1. Clasificación de suelos por el método AASHTO
- Tabla II.2. Para la determinación de Índice de Grupo
- Tabla II.3. Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)
- Tabla II.4. Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)
- Tabla II.5. Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)
- Tabla II.6. Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)
- Tabla II.7. Procedimiento de clasificación de los suelos
- Tabla II.8. Procedimiento de clasificación de los suelos
- Tabla II.9. Carta de clasificación (ASTM D-4220)
- Tabla II.10. Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos
- Tabla II.11. Especificaciones para el ensayo Proctor Estándar
- Tabla II.12. Tabla de datos Proctor Estándar
- Tabla II.13. Especificaciones para el ensaye Proctor Modificado (basadas en la norma 1557-91 de la ASTM).
- Tabla II.14. Tabla de datos ensayo Proctor Modificado
- Tabla III.1. Peso de muestra y cantidad para contenidos de humedad
- Tabla III.2. Tamices normalizados para el Análisis Granulométrico
- Tabla IV.1. Características de la toma de muestras en la vía
- Tabla IV.2. Análisis Granulométrico por tamizado
- Tabla IV.3. Contenido de humedad
- Tabla IV.4. Límites de Consistencia
- Tabla IV.5. Contenido de humedad
- Tabla IV.6. Valor relativo de soporte CBR
- Tabla IV.7. Resumen de los valores en base y sub base
- Tabla IV.8. Análisis Granulométrico por tamizado

- Tabla IV.9. Contenido de humedad
- Tabla IV.10. Límites de Consistencia
- Tabla IV.11. Proctor modificado
- Tabla IV.12. Valor relativo de soporte CBR
- Tabla IV.13. Resumen de los valores en terreno de fundación

LISTA DE FIGURAS

- Figura I.1. Operacionalización de variables
- Figura II.1. Esquema de un suelo parcialmente saturado
- Figura II.2. Ensayo de compactación
- Figura II.3. Penetración CBR
- Figura II.4. Densidad seca CBR
- Figura III.1. Mapa de Ubicación Geográfica
- Figura III.2. Situación del pavimento de la vía
- Figura III.3. Estados básicos de los suelos
- Figura III.4. Curva granulométrica de los suelos
- Figura IV.1. Calicatas realizadas en campo – toma de muestras
- Figura IV.2. Grafico Valor relativo de soporte CBR
- Figura IV.3. Grafico Valor relativo de soporte CBR

INTRODUCCIÓN

La presente tesis de investigación titulado “PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL SUELO EN EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA”, cuyo objetivo es determinar las características de las propiedades físico mecánicas del terreno de fundación, base y sub base del pavimento existente de la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca, en la provincia de San Román, región Puno.

El estado en el que se encuentra esta vía correspondiente la Av. circunvalación, que comprende al tramo que inicia en la Av. Independencia – Av. Huancané, genera malestar en la población de esta zona, puesto que la vía en mención presenta desniveles y hoyos que dificultan el tránsito normal de los vehículos; asimismo el deterioro de algunas veredas y la carencia de otras genera inseguridad en cuanto al tránsito, como consecuencia de este estado calamitoso de la vía es que se requiere conocer las propiedades mecánicas del terraplén existente a fin de plantear soluciones coherentes en la solución del problema de la vía porque esta es una vía de primer orden dentro de la trama urbana de la ciudad de Juliaca.

El presente estudio partirá con la toma de muestras de campo a través de la excavación calicatas a cielo abierto de acuerdo a los protocolos de la NTP y del ministerio de transportes y comunicaciones, posterior a ello se llevará las muestras a un laboratorio certificado a fin de determinar las características de las propiedades físico mecánicas de los suelos

CAPITULO I

PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. DESCRIPCIÓN DE LA REALIDAD PROBLEMÁTICA

La dificultad de movilización urbana es uno de los problemas más sentidos por los habitantes de la ciudad de Juliaca debido a la baja calidad del soporte vial y al desorden urbano existente. El crecimiento de la población ha ido expandiendo la ocupación del suelo urbano del Distrito de Juliaca, teniendo como resultado la ocupación de forma precaria de los suelos, que producen graves problemas de movilidad y de accesibilidad a las zonas periféricas, problemas de contaminación de polvos y continuos aniegos.

El estado en el que se encuentra la vía correspondiente la Av. circunvalación, que comprende al tramo que inicia en la Av. Independencia – Av. Huancané, genera malestar en la población de esta zona, puesto que la vía en mención presenta desniveles y hoyos que dificultan el tránsito normal de los vehículos; asimismo el deterioro de algunas veredas y la carencia de otras genera inseguridad en cuanto al tránsito situación que empeora en épocas de lluvia ya que se forman charcos de agua y lodazales que dificultan aún más el traslado tanto vehicular no motorizados, vehículos menores motorizados y vehículos de alto tonelaje y/o pesados; en épocas de estiaje también se tienen efectos negativos, ya que considerando que la vía es de tierra y ante los vientos típicos de la ciudad de Juliaca se generan polvos en suspensión que ingresan a las viviendas, lo cual tiende a deteriorar la fachada de las mismas y demás enseres fijos de la vivienda que requieren de mayor frecuencia en cuanto a limpieza y por ende incremento en costos de conservación.

En ese contexto es necesario la evaluar la conformación del terraplén existente a fin de determinar los valores que presenta la estructura y el suelo de fundación, porque son los elementos de soportan y que determinan el funcionamiento y la transitabilidad de la vía.

Con el propósito de abordar este fenómeno, se plantea el siguiente cuestionamiento que direcciona esta presente investigación:

¿Cómo es el comportamiento del pavimento determinado mediante ensayos de las propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?

1.2. DELIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

1.2.1 Delimitación espacial

El presente trabajo investigación toma como delimitación espacial la Ciudad de Juliaca, específicamente la Av. Circunvalación que es un eje troncal de tránsito y se tomara como muestra el Tramo Av. Independencia - Av Huancané que presenta características de deterioro y fallas en su estructura.

1.2.2 Delimitación temporal

El presente trabajo de investigación se llevará a cabo a partir de agosto del 2016 hasta enero del 2017, tiempo que permitirá desarrollar y mostrar los resultados de la investigación.

1.2.3 Delimitación social /conductual

La investigación se llevará a cabo en la Av. Circunvalación Tramo Av. Independencia - Av Huancané, la misma que beneficia a la ciudad de Juliaca, así mismo se tendrá como objeto de evaluación una vía en servicio que presenta deterioros

1.2.4 Delimitación Conceptual

Esta investigación abarca dos conceptos fundamentales como Propiedades mecánicas del suelo y Conformación del terraplén existente, ambos conceptos direccionaran el presente trabajo de investigación.

1.3. PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema General

¿Cómo es el comportamiento del pavimento determinado mediante ensayos de las propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?

1.3.2. Problemas Específicos

¿Cómo es el terreno de fundación, determinado mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?

¿Cómo es la sub base y base, obtenido mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?

1.4. OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.4.1. Objetivo general

Determinar el comportamiento del pavimento, mediante ensayos de las propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

1.4.2. Objetivos específicos

Determinar el comportamiento del terreno de fundación, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

Obtener el comportamiento de la sub base y base, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

1.5. FORMULACIÓN DE LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

1.5.1. Hipótesis general

El comportamiento del pavimento, determinado mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo es deficiente en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

1.5.2. Hipótesis específico

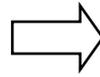
El comportamiento del terreno de fundación, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo, es deficiente en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

El comportamiento de la sub base y base mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo, es deficiente en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

1.6. VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN

1.6.1 Variable independiente

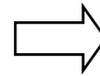
Variable independiente (X)



Propiedades Mecánicas de los suelos

1.6.2. Variable dependiente

Variable dependiente (Y)



Comportamiento del pavimento

1.6.3 Operacionalización de Variables.

Figura. I.1.
Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES
VARIABLE INDEPENDIENTE (x) Comportamiento del pavimento	Plataforma existente	Sub base Terreno de fundación
VARIABLE DEPENDIENTE (y) Propiedades físico mecánicas del suelo	Terreno de fundación	– Granulometría – Contenido de humedad – Límites de consistencia – Proctor modificado – Valor relativo de soporte (CBR)
	Sub base y base	– Granulometría – Contenido de humedad – Límites de consistencia – Proctor modificado – Valor relativo de soporte (CBR)

Fuente: Elaboración propia

1.7 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

1.7.1 Tipo y nivel de Investigación

a) Tipo de investigación

El presente estudio es de tipo explicativo, asume el enfoque cuantitativo, se recolectará los datos a través de ensayo de laboratorio con instrumentos estandarizados y por el propósito de estudio es de tipo básico o fundamental está orientado a evaluar mediante ensayos para evidenciar los valores de las propiedades mecánicas del suelo, por la naturaleza de estudio es no experimental, debido que el estudio es la aplicación de normas estandarizados para determinar los valores de las propiedades mecánicas de suelos.

b) Nivel de investigación

Asimismo, de acuerdo a las características y profundidad del estudio corresponde al nivel de investigación explicativo y se pretende aplicar los resultados a situaciones reales donde se presenten problemas similares, para validar se realizarán ensayos de laboratorio para determinar las propiedades mecánicas del suelo.

1.7.2. Diseños y métodos de Investigación

a) Diseño de investigación

La presente es una investigación asume el diseño no experimental, transversal implica la evaluación de las propiedades mecánicas del suelo a través de ensayos de laboratorio y se presenta las siguientes fases.

FASE 1. Fase preparatoria. En esta fase se plantea el plan de trabajo, en el cual se definen los objetivos y la hipótesis, como

también se analiza los parámetros de análisis de suelo de acuerdo a las normas estandarizadas

FASE 2. Recolección de la información. En esta etapa de la investigación se realizará una recopilación de información bibliográfica y de internet para adquirir los conocimientos relacionados, al objeto de investigación. Posteriormente se identificará la unidad de análisis, donde se tomará las muestras de acuerdo a las normas técnicas del MTC, esta recolección de datos se realizará durante el periodo de 01 mes. Para lograr la recolección de datos se utilizará los siguientes instrumentos:

- Muestras de suelo estandarizado de acuerdo a los protocolos del reglamento del MTC.
- Registro de datos estadísticos.
- Recursos informáticos (Internet).
- Registro fotográfico apuntes perspectivas.
- Trabajo de campo (observación estructurada directa).
- Cuaderno de apuntes.
- Inventario de información (bibliotecas y centros de documentación).
- Planos de obra sectorizadas

FASE 3. Procesamiento y análisis de la información: En esta etapa se organizara e interpretara los certificados de los ensayos de laboratorio de las muestras., con los cuales se lograra identificar los valores para determinar el diseño de la estructura del pavimento. Para la interpretación de datos se usara la estadística ANOVA a fin de determinar las comparaciones de los distintos valores obtenidos. Se empleará los siguientes medios de procesamiento y análisis.

- Autocad (software que se usara para vectorizar planos).
- Microsoft office Excel (software que se usara para el procesamiento de cuadros y tablas).

- Microsoft office Word. (software que se usara para la edición de textos).
- SPSS 11 (software que se usara para probar la hipótesis a través de tabulación de datos y distribución de frecuencias).

FASE 4. Fase propositiva. Se planteará y se recomendara las alternativas de solución para estructuras de vías, las cuales podrán ser de gran utilidad como nuevos insumos para el planteamiento de estructuras de pavimentos.

b) Método de investigación

En la investigación se utilizó todos los pasos del método científico y como método general se utilizará el método deductivo por que se asume teorías (parámetros de análisis de propiedades mecánicas de suelo) para explicar la actual situación de la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

1.7.3. POBLACIÓN Y MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

a) Población

La población de estudio para la presente investigación es la Av., Circunvalación de la ciudad de Juliaca, que es una vía de evita miento de alto volumen de transito que permite la circulación de vehículos pesados.

b) Muestra

La muestra que la presente investigación es no probabilística, porque el investigador asume como muestra el Tramo Av. Independencia - Av Huancané de la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca.

1.7.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Técnicas

- Toma de muestras de acuerdo a protocolos de NTP
- espécimen de ensayo
- Ensayos de laboratorio:
- Mediciones

Instrumentos

- Equipos de laboratorio (balanzas, recipientes)
- Utensilios para manipulación de recipientes
- Instrumentos de medición

1.8. JUSTIFICACIÓN E IMPORTANCIA DE LA INVESTIGACIÓN.

1.8.1. Justificación

La evaluación de la conformación del terraplén existente consiste, en la determinación de las propiedades mecánicas del suelo en una estructura vial existente, en cualquier momento de su vida de servicio, para establecer y cuantificar las necesidades de rehabilitación. Las necesidades de evaluar estructuralmente los pavimentos de una vía aumentan a medida que se completa el diseño y la construcción de un estado de las vías primarias y secundarias de la ciudad de Juliaca se encuentran por debajo de los niveles de competitividad requeridos por el medio. vía y consecuentemente aumenta la necesidad de su preservación y rehabilitación.

1.8.2. Importancia

La importancia de la presente investigación radica que la infraestructura vial es un agente determinante en el desarrollo social, económico y cultural de las ciudades, es por eso que es importante considerar a nuestros pavimentos como el principal activo económico que posee la ciudad, en la actualidad el

1.8.3. Limitaciones

Para realizar este tipo de estudios se requiere la coordinación con las instituciones que tienen como cargo el mantenimiento y conservación de las vías las cuales muestran poco interés por realizar este tipo de estudios.

CAPITULO II

MARCO TEORICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El progreso de una región depende en gran medida de sus vías de comunicación, ya que propician el buen funcionamiento de los bienes y servicios dirigidos a la población y el desarrollo de la economía y de otros aspectos tales como la política, la cultura, el campo social entre otros. De aquí la importancia de mantener en buen estado las vías de comunicación.

Desde tiempos ancestrales, el hombre ha buscado mantener al menos las condiciones mínimas de operación y funcionamiento de sus caminos, esto lo llevo a buscar nuevas alternativas de construcción y mantenimiento.

A través de los años se han desarrollado metodologías y técnicas tales como la utilización de materiales clasificados o selectos de bancos específicos que sean de buena calidad, otra técnica desarrollada fue la mezcla de materiales con el fin de modificar sus granulometría y su plasticidad; la utilización de materiales como el cemento y otros conglomerantes puzol añicos en pequeñas cantidades mezcladas con suelo natural; todo esto con el objetivo de mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los materiales utilizados en las vías. Ejemplo de ello, son trabajos realizados en la India y en las pirámides de Shaanxi en china construidas hace 5000 años, las vías de comunicación durante el Imperio Romano y los famosos caminos blancos “Sacbéh” de los mayas, construidos hace 5,500 años en la zona Norte de Mesoamérica. Así mismo, en otras civilizaciones como el Imperio Inca y Azteca.

2.1.1. Estudios específicos

Escobar (2013), en su trabajo de investigación “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO A PARTIR DE LA MEZCLA CON RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN” sostiene que la tendencia actual de una gran proporción de estudios e investigaciones en el mundo está enfocada a la interacción del planeta con el hombre, principalmente sobre cómo se puede disminuir el impacto ambiental que generan las actividades desarrolladas para el sostenimiento y la vida de las personas. En el área de suelos, por ejemplo, se buscan materiales que sean amigables con el medio ambiente y que a su vez ayuden a la mejora de estos.

Este trabajo de grado tuvo como propósito realizar un análisis por medio de ensayos de corte directo. Si los residuos de ladrillo (poco contaminado) se pudieran tomar como un material que mejorara las propiedades físicas y mecánicas de un suelo fino. Para poder analizar esto se realizaron 12 ensayos por cada muestra, y cada muestra tenía un porcentaje de ladrillo triturado diferente (0, 4, 8 y 12 %).

Con los resultados finales se pudo establecer que la cohesión del suelo aumenta al agregar ladrillo triturado cuando el porcentaje de material es 8%, mientras que el ángulo de fricción interno disminuye especialmente cuando la proporción del triturado es del 12%.

2.2. BASES TEORICAS.

2.2.1. NOCIONES DE MECANICA DE SUELOS

2.2.1.1 Introducción

Tal como lo estableciera el Prof. Peck, la Mecánica de Suelos es una ciencia y la Ingeniería de Cimentaciones es un arte. Esta distinción debe ser bien entendida si se desea alcanzar progreso y eficiencia en ambos campos. Los atributos necesarios para practicar con éxito la ingeniería de cimentaciones son:

- a) Conocimiento de antecedentes
- b) Familiaridad con la Mecánica de Suelos
- c) Conocimiento práctico de Geología

Peck (1962) ha indicado que el atributo más importante de los tres es el conocimiento de antecedentes. La experiencia debe contribuir a la formación profesional, y por lo tanto debe buscarse y seleccionarse. Según Peck, la experiencia profesional no es una consecuencia del tiempo transcurrido en el ejercicio, sino más bien de la intensidad con que se adquiere y asimila tal experiencia. Los innumerables hechos acumulados durante la vida profesional no tendrían ningún valor si éstos no se pudieran organizar y aplicar a nuevos problemas.

La secuencia estratigráfica en la región Puno, está caracterizada por rocas sedimentarias, volcánicas y metamórficas; las edades van desde el Cámbrico al Cuaternario. La Ciudad de Juliaca se ubica en el Altiplano y Cordillera Occidental, en las cuales se encuentran las siguientes edades que componen su geología.

2.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE SUELOS DESDE EL PUNTO DE VISTA DE VIAS

2.2.1.2.1. Descripción

La determinación y cuantificación de las diferentes propiedades de un suelo, efectuadas mediante los ensayos, tienen como objetivo último el establecimiento de una división sistemática de los diferentes tipos de suelos existentes atendiendo a la similitud de sus caracteres físicos y sus propiedades geomecánicas. Una adecuada y rigurosa clasificación permite al ingeniero de carreteras tener una primera idea acerca del comportamiento que cabe esperar de un suelo como cimiento del firme, a partir de propiedades de sencilla determinación; normalmente, suele ser suficiente conocer la granulometría y plasticidad de un suelo para predecir su comportamiento mecánico. Además, facilita la comunicación e intercambio de ideas entre profesionales del sector, dado su carácter universal.

De las múltiples clasificaciones existentes, estudiaremos la que sin duda es la más racional y completa-clasificación de Casagrande modificada y otras de aplicación más directa en Ingeniería de Carreteras, como son la empleada por la AASHTO y SUCS.

El sistema de clasificación de suelos está basado en las Normas NTP 339.134 - ASTM D – 2487, AASHTO 1971. La Mecánica del Suelo en un esfuerzo considerable para crear un sistema de clasificación que, en efecto, permitir la agrupación de suelos con características similares, o en el aspecto genético, o de comportamiento.

Existen varios métodos de clasificación, los suelos con propiedades similares se clasifican en grupos y sub grupos basados en su comportamiento ingenieril. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitivamente variadas sin una descripción detallada. Actualmente, dos sistemas de clasificación que

usan la distribución por tamaño de grano y plasticidad de los suelos son usados comúnmente por los ingenieros de suelos.

En la actualidad los sistemas más utilizados para la clasificación de los suelos, en estudios para diseño de pavimentos de carreteras y aeropistas son el sistema de clasificación AASHTO y el sistema unificado de clasificación de suelos SUCS.

2.2.1.2.2. Sistemas de clasificación

Los diferentes métodos se distribuyen en el siguiente modo:

- El sistema de clasificación AASHTO.
- El sistema de clasificación SUCS.

2.2.1.2.3. Clasificaciones específicas para vías

La clasificación tiene un carácter genérico, empleándose para todo tipo de obras de ingeniería dada su gran versatilidad y sencillez. Sin embargo, esta clasificación puede quedarse corta a la hora de estudiar determinadas propiedades específicas que debe tener un suelo para ser considerado apto en carreteras.

Por ello, existen una serie de clasificaciones específicas para suelos empleados en construcción de infraestructuras viarias; de hecho, la práctica totalidad de los países desarrollados tienen la suya. En este apartado dedicaremos especial atención a las más empleadas en nuestro entorno: la clasificación de la AASHTO.

2.2.1.3. El sistema de clasificación de suelos AASHTO

De acuerdo con el sistema de clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) y con base en

su comportamiento, los suelos están clasificados en ocho grupos designados por los símbolos del A-1 al A-8.

En este sistema de clasificación los suelos inorgánicos se clasifican en 7 grupos que van del A-1 al A-7. Estos a su vez se dividen en un total de 12 subgrupos. Los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8.

Descripción de los grupos de 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.

Subgrupos A-2-4 y A-2-5: Pertenecen a estos Subgrupos aquellos materiales cuyo contenido de material fino es igual o mayor del 35% y 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.

Subgrupos A-2-6 y 1-2-7: 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, A-7.

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

Grupo A-6: El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% 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.

Grupo A-7-5: Incluyen 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.

Tabla II.1.

Clasificación de suelos por el método AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% ó menos , pasa el tamiz N° 200)							Materiales limo-arcillosos (Mas del 35% pasa el tamiz N° 200)			
Grupos	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Subgrupos	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5
<i>Porcentaje que pasa el tamiz:</i>											
N° 10 (2.00 mm)	50 máx.	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 40 (0.425mm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	-	-	-	-	-	-	-	-
N° 200 (0.075 mm)	15 máx.	25 máx.	10 mín.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
<i>Características del material que pasa el tamiz N° 40 (0.425 mm):</i>											
Límite Líquido	-	-	-	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 máx.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	-	NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	11 mín.	10 máx.
Terreno de fundación	Excelente a bueno		Excelente a bueno	Excelente a bueno				Regular a malo			

* El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5, es igual o menor a LI-30.
El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6, es mayor que LI-30.

Fuente: AASHTO, 1993

Índice de grupo:

Aquellos suelos que tienen un comportamiento similar se hallan dentro de un mismo grupo, y están representados por un determinado índice. La clasificación de un suelo en un determinado grupo se basa en su límite de 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 limos, entre 8 y 12 y los de suelos arcillosos, entre 11 y 20, o más. Cuando se indica un índice de grupo hay que colocarlo entre paréntesis. Así, por ejemplo, A-2-4 (1), quiere decir un suelo A-2-4 cuyo índice de grupo es 1.

Cálculo del índice de grupo

Se calcula el índice de grupo, IG, a partir de la siguiente fórmula empírica.

$$IG = (F-35) ([0.2+0.005(LL-40)] + 0.01(F-15) (IP-10))$$

Dónde:

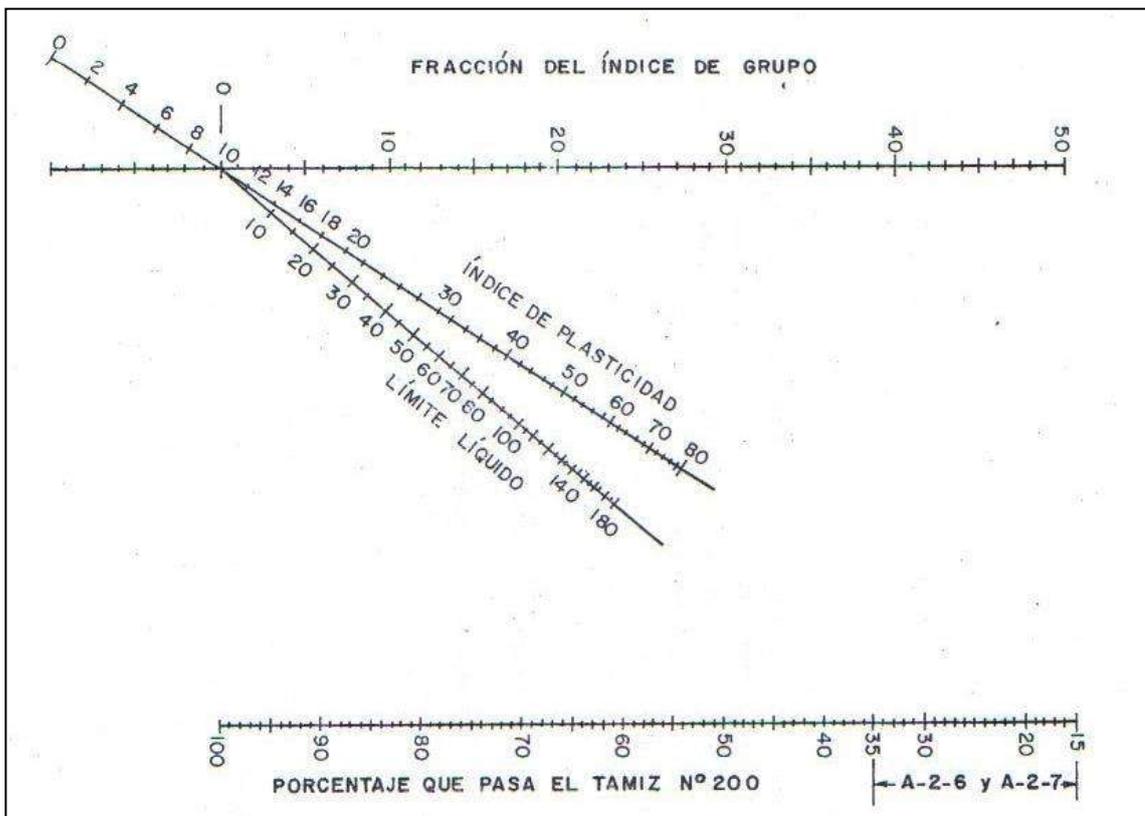
F : porcentaje que pasa el tamiz de #200, expresado como un número entero

LL : Límite líquido

IP : Índice de plasticidad

- Si el índice de grupo calculado es negativo registre el índice de grupo como cero.
- Si el suelo no es plástico y no se puede determinar el LL, registre el índice de grupo como cero.
- Registre el índice de grupo con el número entero más próximo.
- El valor del índice de grupo puede estimarse utilizando la tabla II.2

Tabla II.2.
Para la determinación de Índice de Grupo



Fuente: AASHTO, 1993

2.2.1.4. El sistema de clasificación de suelos S.U.C.S.

De acuerdo con el sistema de clasificación SUCS (Unified Soil Clasificación System), conocido como Sistema Unificado de Clasificación de suelos. La forma original de este sistema fue propuesto por Casagrande en 1942 con el objeto de clasificar el suelo con el propósito de usarse en la construcción de aeropuertos emprendida por el cuerpo de ingenieros del ejército durante la segunda guerra mundial el que decidió el nombre. En cooperación con la oficina de restauración de Estados Unidos, el sistema fue revisado en 1952. Hoy en día, es ampliamente usado por los ingenieros (prueba D-2478) de la ASTM). Se toma en consideración el tamaño, los límites de coherencia, plasticidad se utilizan como elementos calificadores. Cada suelo está representado por dos letras: un prefijo y un sufijo. El prefijo de las subdivisiones está conectado con el tipo, el sufijo, a sus características, tamaño y plasticidad.

El sistema unificado de clasificación se representa en Prefijos y sufijos, los cuales clasifica a los suelos en dos amplias categorías.

Prefijos

Suelos de grano grueso que son de naturaleza tipo grava y arenosa con menos del 50% pasando por la malla N° 200. Los símbolos de grupo son.

- **G:** significa grava o suelo gravoso
- **S:** significa arena o suelo arenoso.
- Los suelos de grano fino con 50% o más pasando por la malla N° 200 Los símbolo del suelo comienzan con un prefijo.
- **M:** que significa limo inorgánico
- **C:** para arcilla orgánica
- **O:** para limos y arcillas orgánicos.
- El símbolo **Pt** se usa para turbas, lodos y otros suelos altamente orgánicos.

Sufijos

Cada uno de estos grupos se subdivide en dos grupos, representados por los sufijos: Otros símbolos son también usados para la clasificación

- **W:** bien graduado.
- **P:** mal graduado.
- **L:** Baja plasticidad (limite liquido menor que 50)
- **H:** alta plasticidad (limite liquido mayor que 50)

Se puede lograr con la combinación de estas cartas los siguientes subgrupos como se detalla en las siguientes tablas: II.3, II.4, II.5, II.6. Además de los grupos ya mencionados hay otro tipo de suelo que no está cubierta por ninguna de ellas y los suelos son de turba, formado por el alto contenido de materia orgánica y de alta compresión. Este subgrupo fue designado por sus siglas en Inglés Pt (turba). Para facilitar la visualización de la clasificación de los suelos finos, puede hacer uso de la carta de plasticidad.

Tabla II.3.
Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)

Símbolo de grupo	Criterios
GW	Menos de 5% pasa la malla N° 200, $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 4; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
GP	Menos de 5% pasa la malla N° 200; no cumple ambos criterios para GW.
GM	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
GC	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad mayor que 7
GC-GM	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
GW-GM	El porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GM.
GW-GC	El porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para GW y GC.
GP-GM	El porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GM.
GP-GC	El porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para GP y GC.

Fuente: Manual de la construcción ICG

Tabla II.4.
Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla N° 200, $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 6; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla N° 200; no cumple ambos criterios para SW.
SM	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
SC	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW-SM.
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW-SC.
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP-SM.
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP-SC.

Fuente: Manual de la construcción ICG

Tabla II.5.

Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)

Símbolo de grupo	Criterios
SW	Menos de 5% pasa la malla N° 200, $C_u = D_{60}/D_{10}$ mayor que o igual que 6; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \times D_{60})$ entre 1 y 3
SP	Menos de 5% pasa la malla N° 200; no cumple ambos criterios para SW.
SM	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad menor que 4
SC	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg se grafican debajo de la línea A (figura 2.12) o el índice de plasticidad mayor que 7
SC-SM	Más del 12% de malla N° 200, los límites de atterberg caen en el área sombreada marcada CL-ML en la figura 2.12
SW-SM	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW-SM.
SW-SC	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SW-SC.
SP-SM	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP-SM.
SP-SC	Porcentaje que pasa la malla N° 200, está entre 5 y 12; cumple los criterios para SP-SC.

Fuente: Manual de la construcción ICG

Tabla II.6.
Sistema unificado de clasificación símbolos de grupo (ASTM D- 4220)

Símbolo de grupo	Criterio
CL	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 7$; se grafica sobre o arriba de la línea A (véase zona CL en la figura 4.2.1.9)
ML	Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 4$; o se grafica debajo de la línea A (véase en la zona ML en la figura 4.2.1.9)
OL	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL < 50$ (véase en zona OL) en la figura 4.2.1.9)
CH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica sobre o arriba de la línea A (véase en la zona CH en la figura 4.2.1.9)
MH	Inorgánico; $LL \geq 50$; PI se grafica debajo de la línea A (véase en la zona MH en la figura 2.12)
OH	Orgánico; $LL - \text{seco en horno} / (LL - \text{sin secar}) < 0.75$; $LL \geq 50$ (véase en zona OH en la figura 4.2.1.9)
CL-ML	Inorgánico; se grafica en la zona sombreada en la figura 4.2.1.9
Pt	Turba, lodos y otros suelos altamente orgánico

Fuente: Manual de la construcción ICG

Información de los ensayos.

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

- Porcentaje de grava, es decir, la fracción que pasa por malla de 76.2mm. y es retenida en la malla N° 4 (abertura de 4.75mm.).
- Porcentaje de arena, es decir la fracción que pasa por la malla N° 4 (abertura de 4.75 mm.) y es retenida en la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm.).
- Porcentaje de limo y arcilla, es decir la fracción de finos que pasan la malla N° 200 (abertura de 0.075 mm.).
- Coeficientes de uniformidad (Cu) y coeficientes de curvatura (Cc).
- Limite líquido e índice de plasticidad de la porción de suelo que pasa la malla N° 40.

Tabla II.7.
Procedimiento de clasificación de los suelos

GW	< 15% arena	Grava bien graduada
	≥ 15% arena	Grava bien graduada con arena
GP	< 15% arena	Grava mal graduada
	≥ 15% arena	Grava mal graduada con arena

GW GM	< 15% arena	Grava bien graduada con limo
	≥ 15% arena	Grava bien graduada con limo y arena
GW GC	< 15% arena	Grava bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% arena	Grava bien graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GP GM	< 15% arena	Grava mal graduada con limo
	≥ 15% arena	Grava mal graduada con limo y arena

Fuente: EG-2000-MTC, 2000.

Tabla II.8.
Procedimiento de clasificación de los suelos

GP GC	< 15% arena	Grava mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% arena	Grava mal graduada con arcilla y arena (o arcilla limosa y arena)
GM	< 15% arena	Grava limosa
	≥ 15% arena	Grava limosa con arena
GC	< 15% arena	Grava arcillosa
	≥ 15% arena	Grava arcillosa con arena
GC GM	< 15% arena	Grava limo arcillosa
	≥ 15% arena	Grava limo arcillosa con arena
SW	< 15% arena	Arena bien graduada
	≥ 15% arena	Arena bien graduada con grava
SP	< 15% arena	Arena mal graduada
	≥ 15% arena	Arena mal graduada con grava
SW SM	< 15% arena	Arena bien graduada con limo
	≥ 15% arena	Arena bien graduada con limo y grava
Sw SC	< 15% arena	Arena bien graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% arena	Arena bien graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)
SP SM	< 15% arena	Arena mal graduada con limo
	≥ 15% arena	Arena mal graduada con limo y grava
SP SC	< 15% arena	Arena mal graduada con arcilla (o arcilla limosa)
	≥ 15% arena	Arena mal graduada con arcilla y grava (o arcilla limosa y grava)

SM	< 15% arena	Arena limosa
	≥ 15% arena	Arena limosa con grava
SC	< 15% arena	Arena arcillosa
	≥ 15% arena	Arena arcillosa con grava
SC	< 15% arena	Arena limo arcillosa
	≥ 15% arena	Arena limo arcillosa con grava

Fuente: EG-2000-MTC, 2000.

Carta de plasticidad

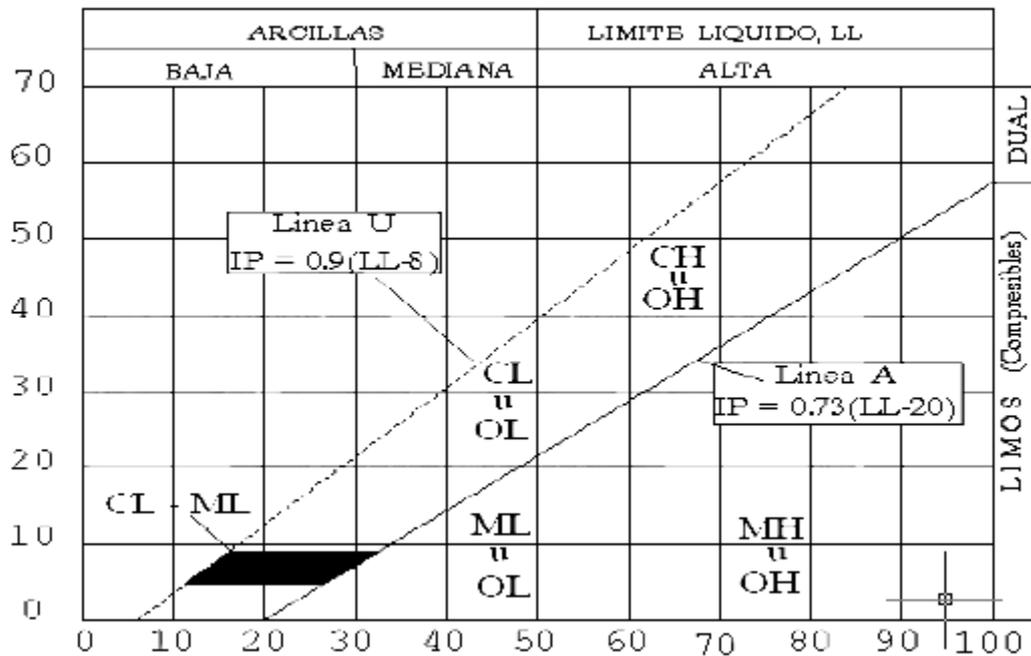
Los límites líquidos y plástico son determinados por medio de pruebas de laboratorio relativamente simples que proporcionan información sobre la naturaleza de los suelos cohesivos. Las pruebas son usadas ampliadas por ingenieros para correlacionar varios parámetros físicos del suelo así como para la identificación del mismo. Casagrande (1932) estudio la relación del índice de plasticidad respecto al límite líquido de una amplia variedad de suelos naturales.

Con base en los resultados de prueba, propuso una carta de plasticidad que muestra la Grafico N° 01, la característica importante de esta carta es la línea A empírica dada por la ecuación $PI = 0.73 (LL-20)$. La línea A separa las arcillas inorgánicas de los limos inorgánicos. Las gráficas de los índices de plasticidad contra límites líquidos para arcillas inorgánicas se encuentran arriba de la línea A y aquella para Limos inorgánicos se hayan debajo de la línea A. los limos inorgánicos se grafican en la misma región (debajo de la línea A. los limos orgánicos se grafican en la misma región (debajo de la línea A y con el LL variando entre 30 y 50) que los limos inorgánicos de comprensibilidad media. Las arcillas orgánicas se graficas en la misma región que los limos inorgánicos de alta comprensibilidad (debajo de la línea A y LL mayor que 50).

La información proporcionada en la carta de plasticidad es de gran valor y es de base para la clasificación de los suelos de grano fino y el sistema unificado de clasificación de suelos. Note que una línea llamada línea U se encuentra arriba de la línea A. La línea U es aproximadamente el límite superior de la relación del índice de plasticidad respecto al límite líquido para cualquier suelo encontrado hasta ahora. La ecuación para la línea U se da como:

$$PI = 0.9(LL-8)$$

Tabla II.9.
Carta de clasificación (ASTM D-4220)



Línea U = $0.9 (LL - 8)$

Línea A = $0.73 (LL - 20)$

Fuente: Asociación Peruana de Caminos, 2000.

2.2.1.5. Relaciones gravimétricas y volumétricas de los suelos

En los suelos se distinguen tres fases: la sólida, constituida por las partículas minerales, la líquida que generalmente es el agua contenida en la masa de suelo, y la gaseosa que es el aire que se encuentra dentro de los poros. Entre estas fases es necesario definir un conjunto de relaciones que están vinculadas a sus pesos y volúmenes, las cuales permiten establecer el comportamiento del suelo desde el punto de vista geotécnico. En la Figura II.1 se presenta un esquema de una muestra de suelo con sus tres fases y en ella se acotan las siglas de los pesos y volúmenes cuyo uso es de interés.

Las relaciones entre los pesos y los volúmenes más utilizados en el estudio de los pavimentos son los siguientes:

Figura II.1.
Esquema de un suelo parcialmente saturado



Fuente: Juárez, 2005. Suelo. En Mecánica de Suelos

1. Peso unitario total o densidad húmeda del suelo

$$\gamma_m = \frac{W_m}{m} = \frac{W_s + W_w}{V_m}$$

2. Peso unitario de las partículas sólidas

$$\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$$

3. Peso unitario seco o densidad seca del suelo

$$\gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$$

4. Peso específico relativo de los sólidos del suelo o gravedad específica.

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_0} = \frac{W_s}{V_s \gamma_0}$$

5. Porosidad.

$$n = \frac{V_v}{V_m}$$

2.2.1.6. Investigación y evaluación de suelos para el diseño de un pavimento.

Para la obtención de la información geotécnica básica de los diversos tipos de suelos deben efectuarse investigaciones, de campo y laboratorio, que determinen su distribución y propiedades físicas. Una investigación de suelos debe comprender:

1. Selección de las unidades típicas de diseño: Consiste en la delimitación de las unidades homogéneas de diseño con base en las características: geológicas, pedológicas, topográficas y de drenaje de la zona en proyecto.

2. Determinación del perfil de suelos la primera labor por llevar a cabo en la investigación de suelos consiste en la ejecución sistemática de perforaciones en el terreno, con el objeto de determinar la cantidad y extensión de los diferentes tipos de suelos, la forma como éstos están dispuestos en capas y la detección de la posición del nivel de agua freática.

Teniendo en cuenta que es imposible realizar un estudio que permita conocer el perfil de suelos en cada punto del proyecto, es necesario acudir a la experiencia para determinar el espaciamiento entre las perforaciones con base en la uniformidad que presenten los suelos. Un criterio para la ubicación, profundidad y número de las perforaciones se presenta a continuación en la Tabla II.10.

Lógicamente, la ubicación, profundidad y número de perforaciones deben ser tales que permitan determinar toda variación importante de la calidad de los suelos. En cada perforación que se efectúe, se debe anotar el espesor de las diversas capas encontradas y su posición exacta en sentido vertical, así como la identificación visual de los materiales, indicando su color y consistencia.

Deberá registrarse, además, la posición del nivel freático en caso de detectarse, por cuanto este dato es importante para el diseño de los dispositivos de sub drenaje que sean necesarios en la obra vial.

Tabla II.10.
Criterios para la ejecución de perforaciones en el terreno para definir un perfil de suelos

Tipos de zona	Espaciamiento	Profundidad
1. Carreteras	250 -500 m	1.50 m
2. Pistas de aterrizaje	A lo largo de la línea central, 60-70 m	Cortes: -3m debajo de la rasante Rellenos: -3 m debajo de la superficie existente del suelo.
3. Obras áreas pavimentadas	1 perforación cada 1.000 m ²	Cortes: 3m debajo de la rasante Rellenos: 3 m debajo de la superficie existente del suelo.
4. Préstamos	Pruebas suficientes para definir claramente el material.	Hasta la profundidad que se propone usar con préstamo.

Fuente:

3. Muestreo de las diferentes capas de suelos: En cada perforación ejecutada deberán tomarse muestras representativas de las diferentes capas de suelos encontradas. Las muestras pueden ser de dos tipos: alteradas o inalteradas. Una muestra es alterada cuando no guarda las mismas condiciones en que se encontraba en el terreno de donde procede e inalterada en el caso contrario. En la obtención de muestras alteradas debe efectuarse el siguiente procedimiento:

- a) Se retira la parte seca y suelta de cada estrato con el propósito de obtener una superficie fresca.
- b) Se toma una muestra de cada capa en un recipiente y se coloca una tarjeta de identificación que debe contener: nombre del proyecto, sector en estudio, número de la perforación, localización de la perforación, número de la muestra, espesor del estrato y enumeración de los ensayos de laboratorio a que será sometida.
- c) Las muestras se envían en bolsas al laboratorio, para obtener muestras inalteradas, el caso más simple consiste en cortar un determinado trozo de suelo del tamaño deseado, normalmente de 0.30m x 0.30m x 0.30m, cubriéndolo con parafina para evitar pérdidas de humedad y empacándolo adecuadamente para su envío y procesamiento en el laboratorio.

4. Ensayos de laboratorio a las muestras obtenidas para determinar sus propiedades físicas en relación con la estabilidad y capacidad de soporte de la subrasante: Con el objeto de establecer las propiedades físicas de cada suelo muestreado y estimar su comportamiento bajo diversas condiciones es necesario efectuar varias pruebas. Al respecto, se encuentran normalizadas cierto número de pruebas cuyos nombres identifican las características que determinan.

A continuación se indican las pruebas más aplicables en la pavimentación de carreteras y aeropistas.

a) Determinación del contenido de humedad: Es un ensayo que permite determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. Una masa de suelo tiene tres constituyentes: las partículas sólidas, el aire y el agua. En los suelos que consisten en partículas finas, la cantidad de agua presente en los poros tiene un marcado efecto en las propiedades de los mismos. El conocimiento de la humedad natural de un suelo no sólo permite definir a priori el tratamiento a darle, durante la construcción, sino que también permite estimar su posible

comportamiento, como subrasante, pues, si el contenido natural de agua de un suelo está próximo al límite líquido, 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 presentará un buen comportamiento.

b) Análisis granulométrico: Es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de los diferentes tamaños de partículas del suelo. Existen diferentes procedimientos para la determinación de la composición granulométrica de un suelo. Por ejemplo, para clasificar: por tamaños las partículas gruesas, el procedimiento más expedito es el tamizado. Sin embargo, al aumentar la finura de los granos, el tamizado se hace cada vez más difícil teniéndose entonces que recurrir a procedimientos por sedimentación.

c) Determinación del límite plástico de los suelos: El límite plástico se define como la mínima cantidad de humedad con la cual el suelo se vuelve a la condición de plasticidad. En este estado, el suelo puede ser deformado rápidamente o moldeado sin recuperación elástica, cambio de volumen, agrietamiento o desmoronamiento.

d) Determinación del límite líquido de los suelos: El límite líquido es el mayor contenido de humedad que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico al líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir.

e) Peso específico se define como peso específico de un suelo a la relación entre el peso de los sólidos y el peso del volumen de agua que desalojan. El valor del peso específico, que queda expresado por un número abstracto, además de servir para fines de clasificación, determinación de la densidad de equilibrio de un suelo y corrección de la densidad en el terreno por la presencia de partículas de agregado grueso, interviene en la mayor parte de los cálculos de Mecánica de Suelos.

f) Ensayos de compactación de suelo: Se entiende por compactación todo proceso que aumenta el peso volumétrico de un suelo. En general, es conveniente compactar un suelo para incrementar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más impermeable.

g) Determinación de la densidad del suelo en el terreno: Este ensayo tiene por objeto determinar el peso seco de una cierta cantidad de suelo de la capa cuya densidad se desea conocer, así como el volumen del orificio excavado para recoger el suelo, el cual se mide mediante una arena y procedimiento normalizados. La relación entre el peso seco del material y el volumen del orificio del cual se extrajo es la densidad seca de la capa cuyo nivel de compactación se verifica.

h) Determinación de la resistencia de los suelos, los ensayos de resistencia más difundidos en nuestro medio son el CBR (de laboratorio y campo) y los ensayos de carga sobre una placa.

- Ensayo de CBR (Relación Californiana de Soporte): (AASHTO-T193-63)
El índice de california (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Se usa en el diseño de pavimentos flexibles. El CBR se expresa en porcentaje como, la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón dentro del suelo, a la carga unitaria requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en una muestra tipo de piedra partida.
- Ensayo de carga directa sobre placa (AASHTO D1195 y D1196): Esta prueba se utiliza para evaluar la capacidad portante de las sub-rasantes, las bases y, en ocasiones, los pavimentos completos. Aunque esta prueba es generalmente aplicada al diseño de pavimentos rígidos, en la actualidad también se utiliza en pavimentos flexibles.

El ensayo básicamente consiste en cargar una placa circular, en contacto estrecho con el suelo por probar, midiéndose las deformaciones finales

correspondientes a los distintos incrementos de carga utilizados. A través de esta prueba es posible calcular el módulo de reacción de una subrasante dada. Este concepto se define como la presión necesaria que ha de transmitirse a la placa para producir en el suelo una deformación prefijada.

I) Ensayos Adicionales. En algunas ocasiones, existen o se prevé condiciones especiales o poco usuales de los suelos, en tales casos es necesario efectuar pruebas adicionales. Por ejemplo. Un suelo expansivo afectado por grandes variaciones climáticas de humedad pueda requerir estabilización con algún aditivo, o compactación a baja densidad, con alto contenido de humedad, en cada caso ajustándose a las indicaciones de práctica local, tipo de superficie y cargas de diseño. Los suelos son bajas densidades de campo y/o susceptibles de consolidación, pueden necesitar un aumento de la densidad hasta mayores profundidades que las necesarias para un diseño normal.

5. Determinación del suelo típico de subrasante para una unidad de diseño. La observación cuidadosa del perfil de suelos de cada unidad, permitirá definir el suelo típico de ella.

6. Medida y selección del valor de resistencia de un suelo típico de subrasante. Sobre los suelos de subrasante que predominan en cada unidad, se adelantarán ensayos "in situ" o en laboratorio, que permitan conocer su resistencia en las condiciones de equilibrio que se espera presenten durante el período de servicio del pavimento. La cantidad de ensayos por realizar sobre cada suelo, debe ser tal que permita definir sus características de resistencia, con un apropiado grado de confiabilidad.

El número recomendable de pruebas oscila entre seis (6) y ocho (8) y sus resultados deben procesarse por medios estadísticos que permitan la selección de un valor correcto de resistencia de diseño para cada unidad o suelo predominante de cada una de ellas. El criterio más difundido para la determinación del valor de resistencia de diseño es el propuesto por el Instituto del Asfalto, el cual recomienda tomar un valor

total, que el 60, el 75 o el 87.5% de los valores individuales sea igual o mayor que él, de acuerdo con el tránsito que se espera circule sobre el pavimento.

2.2.2. EXPLORACION DE SUELOS

2.2.2.1. Descripción

El objetivo de una investigación exploratoria, incluyendo pruebas de campo y laboratorio, es facilitar al ingeniero los datos cuantitativos del suelo del lugar que se investiga, para dar recomendaciones para la construcción de la obra. Para llegar el laboratorio a unos resultados razonablemente dignos de crédito, es preciso cubrir en forma adecuada una etapa previa e imprescindible, como es la obtención de las muestras del suelo, apropiadas para la realización de las pruebas correspondientes.

Por procedimientos simples y económicos debe procurar adquirir información preliminar suficiente respecto al suelo, que con ayuda de pruebas de clasificación tales como granulometrías, plasticidad, humedad etc. Permitan al ingeniero formarse una idea clara de los problemas que se han de esperar en cada caso particular. Un aspecto de importancia fundamental en la exploración es buscar la colaboración de ciencias, que como la geología pueden dar en ocasiones información de carácter general y muy importante. Es de importancia el reconocimiento geológico e imprescindible el cual será previo a cualquier otra actividad realizada por el especialista en suelos.

Procedimientos de exploración y muestreo de suelos.

En este apartado se describen las técnicas más comúnmente empleadas en el campo para obtener la información básica necesaria para realizar el estudio geotécnico del sitio de una pavimentación de vías y conocer mejor la estructura del suelo.

Los trabajos de campo constituyen el inicio del estudio geotécnico en el cual se requiere conocer la estratigrafía y las propiedades mecánicas de los suelos del sitio. Este conocimiento se obtiene mediante trabajos de exploración geológica superficial complementados por la obtención de muestras representativas de los diferentes estratos de suelos y que forman el subsuelo del lugar. La inspección y clasificación de las muestras permite definir la secuencia que guardan dichos estratos y su espesor (estratigrafía). El análisis cualitativo y cuantitativo de las muestras, en el laboratorio, suministra la información necesaria para definir las características de granulometría, plasticidad y contenido de agua, así como las propiedades mecánicas que incluyen: la resistencia al corte, la deformabilidad y la permeabilidad de cada estrato. En conjunto, esta información constituye la base de los análisis geotécnicos posteriores que fundamentan las decisiones prácticas del Ingeniero. Por ello, parafraseando al Profesor Arthur Casagrande, se puede afirmar que: "La calidad de las conclusiones prácticas de un estudio geotécnico no podrá ser nunca mejor que la calidad de las muestras de suelos o rocas y de la información obtenida de los estudios de campo en que se basa".

Debe entenderse que el concepto de calidad de la información geotécnica de campo comprende, no solamente, la confiabilidad de los datos obtenidos, sino también la amplitud y profundidad del estudio, que deben ser suficientes para definir con claridad los problemas a resolver y para cuantificar, con precisión adecuada, las alternativas de soluciones prácticas aplicables a cada problema identificado en el estudio. Esto implica, necesariamente, una cantidad mínima indispensable de información pertinente y detallada, de alta confiabilidad, lo que conlleva la necesidad de que los trabajos de muestreo sean siempre realizados por personal competente y bajo la supervisión responsable de un Ingeniero Geotécnico.

Generalmente, el monto de los estudios de campo representa una proporción importante del costo total de un estudio geotécnico y, lógicamente, es la primera en ser sacrificada en aras de una oferta más atractiva. Esta natural actitud conduce, frecuentemente, a una información geotécnica inadecuada e insuficiente y, por lo tanto, a un inevitable sacrificio de la calidad de las conclusiones prácticas del estudio, que se traduce, finalmente, en soluciones de diseño y construcción conservadoras, en el mejor de los casos, o inseguras en el peor, pero que en cualquiera de los casos implican, para la obra, un costo adicional escondido, a menudo muchas veces mayor que el ahorro obtenido en un estudio geotécnico inadecuado e insuficiente.

2.2.2.2. Métodos de exploración

Se han desarrollado muchas técnicas de exploración diferentes, algunas son apropiadas para una gran variedad de condiciones mientras que otras están limitadas a casos especiales. Los tipos principales de exploración que se usan en mecánica de suelos, para fines de muestreo y conocimiento del sub suelo, en general son los siguientes:

A. Métodos de Exploración Carácter Preliminar

Pozos a Cielo Abierto.

Son excavaciones de dimensiones suficientes para que un técnico pueda bajar directamente y examinar los diferentes estratos, el cual debe de aplicar bien su criterio al analizar el suelo y llevar un registro completo de las condiciones del mismo en sus diferentes estratos, como son la humedad, color, estado natural, etc.

La excavación de pozos a cielo abierto con el empleo del pico y la pala permite recuperar buenas muestras representativas alteradas del subsuelo, sin embargo su aplicación principal es la obtención de muestras inalteradas de la más alta calidad y sólo esta aplicación justifica su costo.

Perforaciones con Posteadoras, Barrenos Helicoidales

La barrena helicoidal y la pala posteadora, son adecuadas para aquellos casos en los que la profundidad de la exploración sea menor de unos 12 m. Con estas herramientas se obtienen muestras alteradas de arenas, limos, arcillas o mezclas de éstos, que no contengan gravas o cantos rodados o estén endurecidos por cementación de sus partículas. Son herramientas útiles y fáciles de operar hasta profundidades de 10 a 12 m, si la pared de la perforación es estable. Cuando los suelos se encuentran arriba del nivel freático las muestras obtenidas con estas herramientas son representativas. Pero cuando se encuentran bajo el agua, no es posible recuperar muestras confiables de las arenas sin cohesión, en tanto que de los suelos con cohesión, que no son lavados por el agua de la perforación, se obtienen muestras aceptables para fines de clasificación, aunque su contenido de agua es generalmente mayor que el valor natural del suelo inalterado. Con este tipo de herramientas no es posible determinar la compacidad de las arenas ni la consistencia de las arcillas, pero se pueden combinar con pruebas de penetración dinámica.

Perforación con Chiflón y Ademe.

Consiste en hincar, a golpe, mediante un martillo de caída libre que se mueve a lo largo de una guía, un tubo cuyo diámetro interior es de 7.5 a 15.0cm, provisto en su extremo inferior de una zapata afilada, de acero endurecido. Después que se ha hincado un tramo de tubo de ademe, se procede a introducir en él una barra de perforación o tubo para agua, reforzado, que lleva en el extremo inferior un trépano, a manera de cincel, provisto de agujeros por donde circula agua a gran velocidad y presión; la línea de tubería del trépano se conecta a una bomba de alta presión que hace circular el agua y, mediante movimientos ascendentes y descendentes alternados de la barra, acompañados de pequeños giros, se va aflojando y extrayendo el material que ha quedado dentro del ademe para limpiarlo totalmente, hasta alcanzar el nivel inferior de la zapata.

Prueba de Penetración Dinámica Estándar.

Después de limpiar con el chiflón el interior del ademe hasta su extremo inferior, se obtienen muestras alteradas del suelo hincando a golpe un tubo

muestreador, conocido como penetrometro estándar. Este tubo muestreador consiste en un tubo de pared gruesa provisto en sus extremos de dos piezas roscadas. El tubo estándar tiene una longitud de 60.0cm, diámetro interior de 3.50cm y diámetro exterior de 5.00cm; la longitud total del muestreador es de 75.00cm. Una canastilla de laminillas de acero colocada en la zapata del muestreador y una funda interior de polietileno flexible permiten retener muestras de suelo de cualquier tipo que penetren al tubo; el polietileno sirve también de envoltura y protección a las muestras de suelo contra pérdida de agua después de extraerlas del muestreador.

Prueba de Penetración Estándar en Arenas.

En depósitos de arena, donde la obtención de muestras inalteradas ofrece algunas dificultades prácticas, la resistencia a la penetración estándar N , se utiliza para estimar, empíricamente, el ángulo de fricción interna efectivo ϕ y la compresibilidad de estos suelos. Valores que se emplean como base del diseño de cimentaciones y del procedimiento de construcción; sin embargo, en tales casos, los valores de la resistencia a la penetración N , deben emplearse con cautela, ya que, en ciertas condiciones, pueden conducir a errores substanciales. A continuación se exponen algunas precauciones que se deben tomar para el buen uso de estos valores en diferentes casos.

– Precauciones en el Uso de la Prueba de Penetración Estándar.

La experiencia ha demostrado que la resistencia a la penetración N , del tubo muestreador estándar, es una medida aproximada de la compacidad relativa C_r , de los depósitos de arena. Por otra parte, a través de la compacidad relativa, se ha correlacionado también, indirectamente, con el valor del ángulo de fricción interna ϕ' . Según se explica al tratar de la resistencia al corte de las arenas; para una misma compacidad relativa el ángulo de fricción interna varía con la graduación del material y con la angulosidad de sus partículas, correspondiendo los mínimos valores a las arenas finas mal graduadas, (SP), o arenas finas limosas (SM), formadas por

partículas finas redondeadas, como se observa en la curva (2), y los máximos a las arenas gruesas, bien graduadas y de partículas angulosas (SW), como se ve en la curva (1).

Prueba de Penetración Estándar en Arcillas.

Por una parte, el remoldeo que introduce el tubo muestreador, hace que la resistencia de la arcilla a la penetración del propio tubo sea menor que la que corresponde a su estado natural; por otra, es bien sabido que las arcillas exhiben una mayor resistencia a medida que la velocidad de la deformación aumenta, como consecuencia de fenómenos de viscosidad. En tales condiciones, es evidente que la resistencia a la penetración dinámica, (número de golpes N), aun cuando proporciona alguna información relativa de la consistencia natural de la arcilla, no debe tomársele como una medida precisa de su resistencia al corte.

En estudios preliminares, cuando se tienen arcillas que ofrecen una resistencia a la penetración estándar N, mayor de 5 golpes, puede utilizarse la siguiente expresión empírica, basado en el criterio originalmente propuesto por Terzaghi y Peck para estimar, la resistencia al corte de la arcilla.

$$C_u = \frac{N}{15'}$$

Donde c_u , es la resistencia al corte no drenada de la arcilla, en kg/cm^2

Penetración Estándar en Suelos Limosos, Parcialmente Saturados

La información proporcionada por la prueba de penetración dinámica, en cuanto a la consistencia natural de los suelos finos no plásticos (limos o limos arenosos), parcialmente saturados, ofrece gran incertidumbre, ya que, en estos materiales, las variaciones de la resistencia y la compresibilidad con el grado de saturación y la compacidad, son muy importantes. Cuando tienen baja compacidad y están sometidos a una carga, al saturarlos, se producen fuertes asentamientos bruscos, acompañados de una disminución considerable de la resistencia al corte,

a consecuencia de la pérdida de la cohesión aparente. Por consiguiente, no puede confiarse en el valor del índice de penetración como medida de la resistencia al corte ni de la compresibilidad. Se concluye que, en estos casos es preferible recurrir a la medición directa de la resistencia al corte y de la compresibilidad en el laboratorio, en especímenes inalterados.

Prueba de Penetración Estática.

Este tipo de prueba de campo consiste en hincar en el terreno, mediante un gato hidráulico, una barra de acero cuyo extremo inferior se instala una punta cónica; midiendo la fuerza necesaria para hincar la punta se determina la resistencia que el suelo opone a la penetración estática, y este valor se puede correlacionar, empíricamente con la resistencia al corte de las arcillas y con su compresibilidad, así como con la compacidad relativa de las arenas.

2.2.2.3. Obtención de Muestras Inalteradas

En esta etapa se realizan trabajos de campo detallados, en puntos particulares del sitio y en estratos específicos, escogidos ambos en función de la definición previa de los problemas particulares que presentan los suelos y las rocas del lugar, según la información preliminar obtenida de la etapa anterior. La etapa final de campo comprende la obtención de muestras inalteradas, de la mejor calidad posible, de los estratos de suelo involucrados en cada caso; estas muestras son indispensable para la ejecución de ensayos de laboratorio confiables, cuyos resultados numéricos serán la base de los análisis de la capacidad carga y de los asentamientos o expansiones, que definirán el diseño de la cimentación y los procedimientos de construcción, así como su comportamiento inmediato y futuro. En ocasiones, cuando no es posible recuperar muestras inalteradas de algunos suelos o rocas con los equipos de muestreo tradicionales, o no es posible realizar pruebas de laboratorio en especímenes de gran tamaño, es necesario recurrir a

la ejecución de pruebas mecánicas de campo, como complemento del estudio.

Pozos a Cielo Abierto.

Muestras inalteradas de la mejor calidad se obtienen excavando pozos a cielo abierto, con sección cuadrada o circular, de 1.50 a 2.00m por lado o diámetro, hasta profundidades de 5.00 a 10.00m, si el nivel freático se encuentra a mayor profundidad. La excavación permite obtener la siguiente información:

- La observación detallada de la estratigrafía y la clasificación geológica y geotécnica de cada estrato.
- Obtención de muestras inalteradas labradas directamente de cada uno de los estratos; las muestras pueden ser de forma cubica, de 20cm por lado, o cilíndricas de 20cm de diámetro, después de labradas se protegen envolviéndolas en una capa de tela recubierta con una mezcla de cera, parafina y brea, en partes iguales, para evitar la pérdida de humedad; puede usarse también envoltura de plástico Egapack.
- Cuando no se pueden labrar buenas muestras por falta de cohesión del suelo, o por la presencia de gravas grandes o cantos rodados, puede ser necesario utilizar en el sitio pruebas mecánicas de gran tamaño para determinar la resistencia al corte y la compresibilidad de esos materiales.

Muestreo Inalterado de Suelos Finos Cohesivos.

En los suelos finos cohesivos, como son: las arcillas, arcillas limosas o arenosas o mezclas de arena, limo y arcilla que contienen más de 20% de finos plásticos, pero no contienen grava, pueden obtenerse muestras inalteradas de calidad satisfactoria empleando muestreadores tubulares de pared delgada hincados a presión y velocidad constantes en perforaciones de pequeño diámetro, de 10.00 a 20.00cm. Existen varios diseños de tubos muestreadores de este tipo, entre los cuales el más utilizado y sencillo es el conocido como tubo Shelby. La presencia de gravas o boleos impide el uso de tubos muestreadores de pared delgada.

Muestreador de Doble Tubo.

En arcillas duras, puede recurrirse al uso de un tubo con pared más gruesa, para darle mayor resistencia estructural; puede aceptarse una relación de áreas hasta de 20 %, colocándole una zapata de corte alargada con un ángulo exterior. Un muestreador de diseño reciente desarrollado por E. Santoyo Villa, tiene una pared más gruesa que el tubo Shelby normal, pero gracias a sus características de diseño produce muestras de gran calidad y alta recuperación tanto en arcillas muy duras como en las más blandas.

Está provisto de un dispositivo para crear vacío que actúa sobre la cabeza de la muestra y evita que ésta sea expulsada por el agua de la perforación al ser extraído el muestreador. La muestra de suelo es recibida y protegida por un tubo interior de aluminio anodizado y barnizado que impide la corrosión. El tubo interior tiene 10 cm de diámetro y espesor de 1mm y está dividido en segmentos de 20cm de longitud, torneados en sus extremos para un ajuste perfecto entre ellos. La zapata de corte es de acero de alta dureza y filo muy agudo, y su ángulo exterior es pequeño.

2.2.3. COMPACTACION DE SUELOS

2.2.3.1. GENERALIDADES

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos. Este proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volúmenes de importancia, fundamentalmente ligados a pérdida de volumen de aire.

La compactación está relacionada con la densidad máxima o peso volumétrico seco máximo del suelo que para producirse es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada que se conoce como humedad óptima. La importancia de la compactación es obtener

un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra. Las ventajas que representa una compactación adecuada son:

- a) El volumen de vacío se habrá reducido a un mínimo y consecuentemente, su capacidad de absorber humedad también se habrá reducido a un mínimo.
- b) La reducción de vacíos se debe a que las partículas de menor tamaño han sido forzadas a ocupar el vacío formado por las partículas más grandes. De allí que si una masa de suelos está bien graduada, los vacíos o poros se reducirán prácticamente a cero y se establecerá un contacto firme y sólido entre sus partículas, aumentando la capacidad del suelo para soportar mayores pesos.

2.2.3.2. Método PROCTOR.

Consiste en compactar el material dentro de un molde metálico y cilíndrico, en varias capas y por la caída de un pistón. Existen dos variaciones del MÉTODO PROCTOR. Los métodos usados para la compactación de los suelos dependen del tipo de los materiales con los que se trabaje en cada caso. Los suelos puramente friccionantes como la arena se compactan eficientemente por métodos vibratorios y métodos estáticos; en cambio los suelos plásticos, el procedimiento de carga estática resulta el más ventajoso. Los métodos usados para determinar la densidad máxima y humedad óptima en trabajos de mantenimiento y construcción de carreteras son los siguientes: Proctor Estándar, Proctor Modificado y Prueba Estática.

Ensayo Proctor estándar.

El Ensayo Proctor estándar se refiere a la determinación del peso por unidad de volumen de un suelo que ha sido compactado por un procedimiento definido para diferentes contenidos de humedad.

Objetivos.

- Determinar el peso volumétrico seco máximo (yd máx) que pueda alcanzar un material, así como la humedad óptima (W óptima) a que deberá hacerse la compactación.
- El ensaye proctor standard está limitado a los suelos que pasen totalmente el tamiz No. 4, o que como máximo tenga un retenido del 10% en ese tamiz, pero que pase dicho retenido totalmente por el tamiz de 3/8".

Tabla II.11.
Especificaciones para el ensayo Proctor Estándar

CONCEPTO	METODO			
	A	B	C	D
Diámetro del molde (cm)	10.16	15.24	10.16	15.24
Volumen del molde (cm ³)	943.30	2124.00	943.30	2124.00
Peso del martillo o pisón (Kg)	2.50	2.50	2.50	2.50
Altura de caída del martillo (cm)	30.48	30.48	30.48	30.48
Numero de golpes del pisón por cada capa	25.00	56.00	25.00	56.00
Numero de capas de compactación	3.00	3.00	3.00	3.00
Energía de compactación (Kg-cm/cm ³)	6.06	6.03	6.06	6.03
Suelo por usarse Pasa por	100 % Tamiz Nro 4	100 % Tamiz Nro 3/8"	El 20 % Tamiz Nro 4	Pasa 100 % Tamiz Nro 3/8"

Fuente: EG-2000-MTC, 2000.

Equipo.

1. Un molde de compactación constituido por un cilindro metálico de 4" de diámetro interior. Por 4 ½" de altura y una extensión de 2 ½" de altura y de 4" de diámetro interior.
2. Un pisón metálico (martillo Proctor) de 5.5 lbs. De peso (2.5 Kgs.) de 5 cm (2") de diámetro.
3. Una guía metálica de forma tubular de 35 cm de largo aproximadamente.

4. Una regla metálica de forma tubular de 35 cm de largo aproximadamente.
5. Una balanza de 29 Kgs de capacidad y de 1.0 Gr. De sensibilidad.
6. Una balanza de 500 Gr. De capacidad y de 0.01 Gr de sensibilidad.
7. Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100 – 110° C.
8. Farola metálica.
9. Probetas graduadas de 500 cm³.
10. Extractor de muestras.
11. Tara para determinar humedad.

Procedimientos.

Se obtiene por cuarteo una muestra representativa, previamente secada al sol y que según el método a usarse puede ser de 3, 7, 5 y 12 kilogramos.

1. De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor del 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
2. Se revuelve completamente el material tratando que el agua agregada se distribuya Uniformemente.
3. Pese el molde cilíndrico y anote su peso.
4. La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en tres (3) capas, llenándose en cada capa aproximadamente 1/3 de su altura y se compacta cada capa de la forma siguiente: Se coloca el pistón de compactar con su guía, dentro del molde; se eleva el pistón hasta que alcance la parte superior y se suelta permitiendo que tenga una caída libre de 30 cms., se cambia de posición la guía, se levanta y se deja caer nuevamente el pistón. Se repite el procedimiento cambiando de lugar la guía de manera que con 25 golpes se cubra la superficie. Esta operación de compactación se repite en las tres capas del material
5. Al terminar la compactación de las tres capas, se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
6. Se limpia exteriormente el cilindro y se pesa con la muestra compactada anotando su peso. (Peso del material + cilindro).
7. Con ayuda del extractor de muestra se saca el material del molde y de la parte Central del espécimen se toman aproximadamente 100 gr., y se

pesa en la balanza de 0.1 gr., se sensibiliza anotando su peso. (Peso húmedo).

8. Deposite el material en el horno a una temperatura de 100 a 110° C por un período de 24 horas, transcurrido este período determínese el peso seco del material.
9. El material sacado del cilindro se desmenuza y se le agrega agua hasta obtener un contenido de humedad del 4 al 8% mayor al anterior.
10. Repita los pasos del 2 al 9 hasta obtener un número de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.
11. El cálculo se realiza de la siguiente manera.

$$\gamma_h = \frac{W_m}{V_c} = \frac{W_{me} - W_e}{V_c}$$

$$\gamma_d = \frac{M}{1 - W}$$

Donde:

- γ_h = Peso volumétrico húmedo.
- γ_d = Peso volumétrico seco.
- W_m = Peso de la muestra compactada.
- W_e = Peso del molde cilíndrico
- V_c = Volumen del cilindro
- W = Contenido de humedad al tanto por uno.
- W_{me} = Peso de muestra compactada + Peso del Cilindro

También se puede calcular el peso volumétrico de la curva de Saturación (γ_{dz}).

$$\gamma_{dz} = \frac{S_s}{1 + W S_s} \gamma_w$$

Donde:

- γ_{dz} = Peso volumétrico del suelo saturado.
- S_s = Peso específico de los sólidos.
- γ_w = Peso específico del agua.

Tabla II.12.
Tabla de datos Proctor Estándar

ENSAYO Nro	1	2	3	4	5
Volumen del Cilindro					
Peso del Molde Cilíndrico					
Peso del Material + Molde cilíndrico					
Peso del Material + Molde cilíndrico					
Tara Nro.					
Peso Tara					
Peso Seco + Tara					
peso Húmedo + tara					
% de Humedad					
peso Volumétrico Húmedo (y h)					
Peso Volumétrico Seco (y d)					

Fuente: APC (2000) Asociación Peruana de Caminos

Con los datos de pesos volumétricos seco en las ordenadas y contenidos de humedad en las abscisas, se gráfica la curva de compactación y de ahí se obtiene el peso volumétrico máximo (γ_d máx.) y la humedad óptima los cuales corresponden al punto más alto de la curva.

2.2.3.3. Compactación.

Estos valores máximos y óptimos son los que se reproducirán en el campo al compactar se realiza el siguiente ensayo.

2.2.3.3.1. Ensayo Proctor modificado

El ensaye de Proctor modificado se crea al crearse también equipos compactadores más pesados que se usan en la pavimentación de carreteras y aeropuertos.

Tabla II.13.
Especificaciones para el ensaye Proctor Modificado (basadas en la norma 1557-91 de la ASTM).

CONCEPTO	METODO			
	A	B	C	D
Diámetro del molde (cm)	10.16	15.24	10.16	15.24
Volumen del molde (cm ³)	943.30	2124.00	943.30	2124.00
Peso del martillo o pisón (Kg)	4.54	4.54	4.54	4.54
Altura de caída del martillo (cm)	45.70	45.70	45.70	45.70
Numero de golpes del pisón por cada capa	25.00	56.00	25.00	56.00
Numero de capas de compactación	5.00	5.00	5.00	5.00
Energía de compactación (Kg-cm/cm ³)	16.49	16.42	16.49	16.42
Suelo por usarse Pasa por	100 % Tamiz Nro 4	100 % Tamiz Nro 3/8"	El 20 % Tamiz Nro 4	Pasa 100 % Tamiz Nro 3/8"

Fuente: Montejo, ingeniería de pavimentos, 2006.

Equipo

El equipo para Proctor modificado es igual que el Proctor estándar con la única Diferencia siguiente.

1. Un molde de compactación. Constituido por un cilindro metálico de 4" de diámetro interior por 4 ½ de altura y una extensión de 2 ½ " de altura y de 4" de diámetro interior
2. Un pistón o martillo y su guía de 45 cms., de caída y 4.54 kg de peso.
3. Una regla metálica con arista cortante de 25 cm de largo.
4. Una balanza de 29 Kg de capacidad y 1.0 gr. de sensibilidad.
5. Una balanza de 500 gr., de capacidad y de 0.01 gr., de sensibilidad.
6. Un horno que mantenga una temperatura constante entre 100
7. Extractor de muestras.
8. Tara para determinar humedad.

Procedimientos.

Se obtiene por cuarteo una muestra representativa, previamente secada al sol y que según el método a usarse puede ser de 3, 7, 5 y 12 kilogramos.

1. De la muestra ya preparada se esparce agua en cantidad tal que la humedad resulte un poco menor del 10% y si el material es arenoso es conveniente ponerle una humedad menor.
2. Se revuelve completamente el material tratando que el agua agregada se distribuya Uniformemente.
3. Pese el molde cilíndrico y anote su peso.
4. La muestra preparada se coloca en el molde cilíndrico en cinco (5) capas, llenándose en cada capa aproximadamente 1/3 de su altura y se compacta cada capa de la forma siguiente. Se coloca el pistón de compactar con su guía, dentro del molde; se eleva el pistón, hasta que alcance la parte superior y se suelta permitiendo que tenga una caída libre de 45.7 cms., se cambia de posición la guía, se levanta y se deja caer nuevamente el pistón. Se repite el procedimiento cambiando de lugar la guía de manera que con 25 o 56 (según el método) golpes se cubra la superficie. Esta operación de compactación se repite en las cinco capas del material.
5. Al terminar la compactación de las tres capas, se quita la extensión y con la regla metálica se enraza la muestra al nivel superior del cilindro.
6. Se limpia exteriormente el cilindro y se pesa con la muestra compactada anotando su peso. (Peso del material + cilindro).
7. Con ayuda del extractor de muestra se saca el material del molde y de la parte central del espécimen se toman aproximadamente 100 gr., y se pesa en la balanza de 0.1 gr., se sensibiliza anotando su peso. (Peso húmedo).
8. Deposite el material en el horno a una temperatura de 100 a 110° C por un período de 24 horas, transcurrido este período determínese el peso seco del material.
9. El material sacado del cilindro se desmenuza y se le agrega agua hasta obtener un contenido de humedad del 4 al 8% mayor al anterior.

10. Repita los pasos del 2 al 9 hasta obtener un número de resultados que permitan trazar una curva cuya cúspide corresponderá a la máxima densidad para una humedad óptima.
11. El cálculo se realiza de la siguiente manera.

$$\gamma_h = \frac{W_m}{V_c} = \frac{W_{me} - W_e}{V_c}$$

$$\gamma_d = \frac{\gamma_h}{1 + W}$$

Donde:

- γ_h = Peso volumétrico húmedo.
 - γ_d = Peso volumétrico seco.
 - W_m = Peso de la muestra compactada.
 - W_e = Peso del molde cilíndrico
 - V_c = Volumen del cilindro
 - W = Contenido de humedad al tanto por uno.
 - W_{me} = Peso de muestra compactada + Peso del Cilindro
- También se puede calcular el peso volumétrico de la curva de Saturación (γ_{dz}).

$$\gamma_{dz} = \frac{S_s}{1 + W S_s} \gamma_w$$

Donde:

- γ_{dz} = Peso volumétrico del suelo saturado.
- S_s = Peso específico de los sólidos.
- γ_w = Peso específico del agua.

Tabla II.14.
Tabla de datos ensayo Proctor Modificado

ENSAYO Nro	1	2	3	4	5
Volumen del Cilindro					
Peso del Molde Cilíndrico					
Peso del Material + Molde cilíndrico					
Peso del Material + Molde cilíndrico					
Tara Nro.					
Peso Tara					
Peso Seco + Tara					
peso Húmedo + tara					
% de Humedad					
peso Volumétrico Húmedo (γ_h)					
Peso Volumétrico Seco (γ_d)					

Fuente: APC (2000) Asociación Peruana de Caminos

Con los datos de pesos volumétricos seco en las ordenadas y contenidos de humedad en las abscisas, se gráfica la curva de compactación y de ahí se obtiene el peso volumétrico máximo (γ_d máx) y la humedad óptima los cuales corresponden al punto más alto de la curva de Compactación.

Estos valores máximos y óptimos son los que se reproducirán en el campo al compactar un Terraplén.

2.2.3.4. Ensayo de Compactación.

Generalidades

El propósito de un ensayo de compactación en laboratorio es determinar la curva de compactación para una determinada energía de compactación. Esta curva considera en abscisas el contenido de humedad y en ordenadas la densidad seca. A partir de ella, se podrá obtener la humedad llamada óptima que es la que corresponde a la densidad máxima.

Con estos resultados se podrá determinar la cantidad de agua de amasado a usar cuando se compacta el suelo en terreno para obtener la máxima densidad seca para una determinada energía de compactación. Para cumplir este propósito, un ensayo de laboratorio debe considerar un tipo de compactación similar a la desarrollada en terreno con los equipos de compactación a especificar.

El agua juega un papel importante, especialmente en los suelos finos. Hay que hacer notar que cuando hablamos en este párrafo de suelos finos, no estamos refiriéndonos a suelos que contengan más de un 50% de finos, sino a la fracción fina que controla este comportamiento. Esta fracción fina, que puede ser para gravas sobre un 8% y para arenas sobre un 12% (Holtz 1973), lleva a limitar el uso de la densidad relativa y, por lo tanto, obliga a su reemplazo por el ensayo de compactación.

El agua en poca cantidad, se encuentra en forma capilar produciendo tensiones de Compresión entre las partículas constituyentes del suelo que llevan a la formación de grumos difíciles de desintegrar y que

terminan por dificultar la compactación. Mirado desde un punto de vista físico-químico, se produce una tendencia a la floculación entre las partículas arcillosas, lo que produce uniones entre partículas difíciles de romper. El aumento del contenido de humedad hace disminuir la tensión capilar – y a nivel fisicoquímico facilita la separación de las partículas - haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados en el grado de consistencia del suelo, representado por un menor índice de vacíos y un mayor peso unitario seco. Si por otra parte, el agua pasa a existir en una cantidad excesiva antes de iniciar la compactación, ella dificultará el desplazamiento de las partículas de suelo – debido a la baja permeabilidad del suelo y por ende a la dificultad de su eliminación - produciendo una disminución en la eficiencia de la compactación. En consecuencia, existirá para un determinado suelo fino y para una determinada energía de compactación, una humedad óptima para la cual esta energía de compactación producirá un material con densidad seca máxima. Al compactar un suelo se persigue lo siguiente:

- (a) disminuir futuros asentamientos
- (b) aumentar la resistencia al corte
- (c) disminuir la permeabilidad

Para asegurar una compactación adecuada debe realizarse, canchas de prueba en terreno que permitirán definir los equipos de compactación más adecuados para esos materiales, los espesores de capa y número de pasadas del equipo seleccionado para cumplir con las especificaciones técnicas de densidad seca. El control de la obra final se realizará a través de determinaciones de los parámetros densidad seca y humedad de compactación de los rellenos colocados. Las especificaciones para la compactación en terreno exigen la obtención de una densidad mínima que es un porcentaje de la densidad máxima seca obtenida en el laboratorio. Una práctica común para numerosas obras es exigir a lo menos el 95% del Proctor Modificado.

Definiciones

En 1933, R.R. Proctor definió el ensayo conocido como Proctor Estándar, el cual consiste en tomar una muestra de 3 kg de suelo, pasarla por el tamiz # 4, agregarle agua cuando sea necesario, y compactar este suelo bien mezclado en un molde de 944 cm³ en tres capas con 25 golpes por capa de un martillo de compactación de 24.5 N con altura de caída de 0.305 m. Esto proporciona una energía nominal de compactación de 593.7 kJ/m³.

Cuando el ensayo incluye el reuso del material, la muestra es removida del molde y se toman muestras para determinar el contenido de humedad para luego desmenuzarla hasta obtener grumos de tamaño máximo aproximado al tamiz # 4. Se procede entonces a agregar más agua, se mezcla y se procede a compactar nuevamente el suelo en el molde. Esta secuencia se repite un número de veces suficiente para obtener los datos que permitan dibujar una curva de densidad seca versus contenido de humedad con un valor máximo en términos de densidad seca, y suficientes puntos a ambos lados de éste. La ordenada de este diagrama se conoce como la densidad máxima, y el contenido de humedad al cual se presenta esta densidad se denomina humedad óptima.

Durante la Segunda Guerra Mundial, los nuevos y pesados equipos de aviación pasaron a exigir densidades de subrasante en las aeropistas, mayores que el 100 % del Proctor Estándar. Se introdujo entonces el ensayo de compactación modificado (Proctor Modificado, ensayo modificado AASHTO, o ensayo de compactación modificado) en el que se utiliza una mayor energía de compactación.

Las características básicas del ensayo son la misma del ensayo estándar de compactación.

El ensayo de compactación modificado aplica una energía nominal de compactación al suelo de 2710 kJ/m³ lo que representa cerca de 5 veces la

energía de compactación del ensayo estándar produciendo un incremento entre un 5 y un 10 % de la densidad y una disminución en la humedad óptima. Toda curva de compactación estará siempre por debajo de la curva de saturación, $S = 100\%$ la que puede ser graficada en la curva de compactación una vez conocido el peso específico de los granos, G_s . En el mismo gráfico se pueden incluir las curvas para $S = 90$ y 80% .

La curva $S = 100\%$ se obtiene calculando, para cualquier contenido de humedad w , su peso unitario seco:

$$Y_d = \frac{G_s - Y_w}{1 + W \cdot G_s}$$

Dónde:

G_s : densidad de los sólidos

Y_w : peso unitario del agua

w : contenido de humedad

La densidad seca la podemos expresar en función de la densidad húmeda y el contenido de Humedad:

$$Y_d = \frac{Y_t}{1 + W}$$

Donde:

Y_t : densidad húmeda

w : contenido de humedad

Las curvas para otros grados de saturación, pueden ser fácilmente calculadas.

Equipo

- Molde de compactación con base y collar
- Martillo de compactación
- Latas para contenido de humedad
- Espátula metálica

Procedimiento (Proctor Modificado)

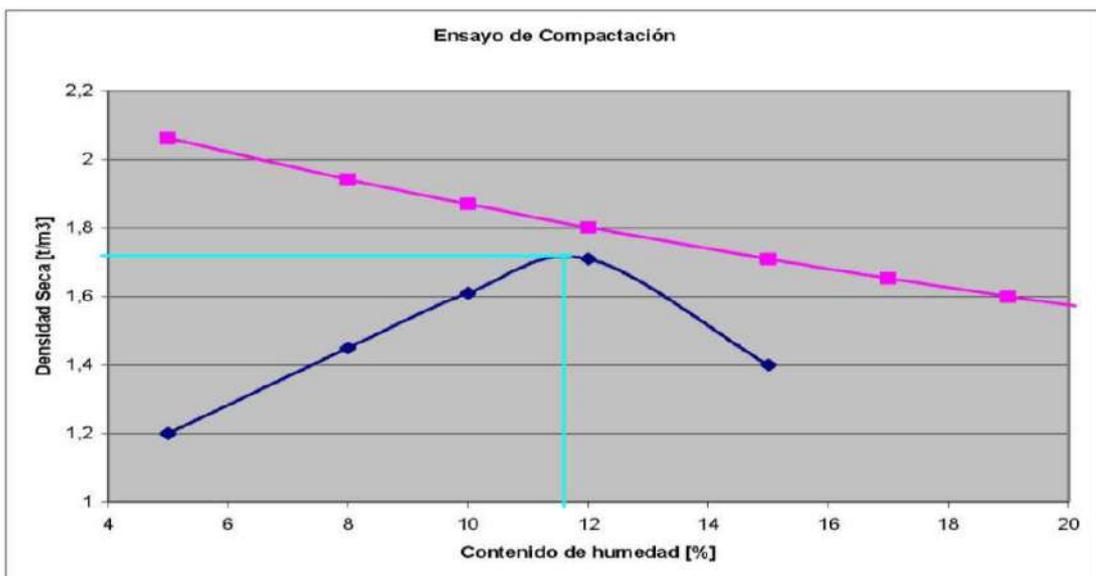
1. Cada grupo debe tomar 7 kg (peso nominal) de suelo secado al aire, desmenuzado para que pase a través del tamiz # 4; luego debe ser mezclado con la cantidad de agua necesaria para alcanzar el contenido de humedad basado en porcentaje de peso seco; la humedad deberá ser, para este primer ensayo, aproximadamente un 4 a 5 % menor que la humedad óptima estimada; debe quedar claro que el suelo y el agua en un ensayo deberían mezclarse con anterioridad y dejarse curar - para asegurar su distribución homogénea - durante 24 horas cuando se trabaja con suelos cuyos finos sean plásticos; sin embargo, en esta sesión de laboratorio para estudiantes, esta etapa podrá omitirse.
2. Pesar el molde de compactación, sin incluir la base ni el collar.
3. Medir las dimensiones internas del molde de compactación para determinar su volumen.
4. Compactar el suelo en 5 capas aplicando 56 golpes sobre cada una (para molde grande); se debe procurar que la última capa quede por sobre la altura del molde de compactación; en caso que la superficie de la última capa quedara bajo la altura del molde, se debe repetir el ensayo; se debe evitar además que esta última capa exceda en altura el nivel del molde en más de 6 mm ya que al enrasar se estaría eliminando una parte significativa del material compactado, disminuyendo la energía de compactación por unidad de volumen.
5. Retirar cuidadosamente el collar de compactación, evitar girar el collar; en caso que se encuentre muy apretado, retirar con espátula el suelo que se encuentra adherido a los bordes por sobre el nivel del molde; finalmente enrasar perfectamente la superficie de suelo a nivel del plano superior del molde.
6. Pesar el molde con el suelo compactado y enrasado.
7. Extraer el suelo del molde y tomar una muestra representativa para determinar el contenido de humedad.
8. Desmenuzar el suelo compactado y mezclarlo con suelo aún no utilizado; agregar un 2% de agua (en relación a los 7 kg) y repetir los pasos 4 a 8; realizar la cantidad de ensayos que el instructor indique, suficientes para obtener una cantidad de puntos que permita determinar la humedad óptima y la densidad máxima.

9. Volver posteriormente al laboratorio para obtener los pesos secos de las muestras de humedad.

Cálculos

Calcular el peso unitario seco y hacer un gráfico de γ_d versus contenido de humedad. Dibujar en este gráfico la curva de saturación; si no se conoce GS, suponer que la densidad saturada correspondiente a la humedad óptima es 5 % mayor que la densidad máxima seca; con este valor calcular el valor de GS; la curva de saturación en ningún caso debe intersectar la curva de compactación; en caso que esto suceda, incrementar en un 1 % adicional el valor de la densidad saturada hasta asegurar que la curva de saturación pase por sobre la de compactación.

Figura II.2.
Ensayo de compactación



Fuente: AASHTO, 1993.

2.2.3.5. Ensayo de la Relación de Soporte California (CBR)

Generalidades

No basta con especificar el grado de compactación de un suelo. Dos suelos diferentes alcanzarán no solo densidades secas y humedades óptimas diferentes en el ensayo de compactación, sino que el material al estar constituido por partículas diferentes, tendrá un comportamiento en términos de ingeniería diferente. Por ello, se hace necesario un parámetro adicional que considere la capacidad de soporte del suelo en sí mismo para esas condiciones de compactación.

El ensayo de soporte de California se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California en 1929 como una forma de clasificar la capacidad de un suelo para ser utilizado como subrasante o material de base en construcción de carreteras.

El ensayo CBR (la ASTM denomina el ensayo simplemente un ensayo de relación de soporte) mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas. El ensayo permite obtener un número asociado a la capacidad de soporte.

Definiciones

El CBR se obtiene como la relación de la carga unitaria (por pulgada cuadrada) necesaria para lograr una cierta profundidad de penetración dentro de la muestra de suelo compactada a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón requerida para obtener la misma profundidad de penetración en una muestra estándar de material triturado. En forma de ecuación, esto se puede expresar como:

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patron}} \times 100 (\%)$$

Los ensayos de CBR se hacen usualmente sobre muestras compactadas al contenido de humedad óptimo para el suelo determinado utilizando el ensayo de compactación estándar (o modificada).

A menudo se compactan dos moldes de suelo: uno para penetración inmediata y otro para penetración después de dejarlo saturar por un periodo de 96 horas; este último se sobrecarga con un peso similar al del pavimento pero en ningún caso menor que 4.5 kg. Es necesario durante este periodo tomar registros de expansión para instantes escogidos arbitrariamente. En ambos ensayos, se coloca una sobrecarga sobre la muestra de la misma magnitud de la que se utiliza durante el ensayo de expansión. El ensayo sobre la muestra saturada cumple dos propósitos:

1. Dar información sobre la expansión esperada en el suelo bajo la estructura de pavimento cuando el suelo se satura.
2. Dar indicación de la pérdida de resistencia debida a la saturación en el campo.

El ensayo de penetración se lleva a cabo en una máquina de compresión utilizando una velocidad de deformación unitaria de 1.27 mm/min. Se toman lecturas de carga versus penetración cada 0.64 mm de penetración hasta llegar a un valor de 5.0 mm a partir del cual se toman lecturas con velocidades de penetración de 2.5 mm/min hasta obtener una penetración total de 12.7 mm.

Equipo

1. Equipo de CBR:
2. Molde de compactación (con collar y base)
3. Disco espaciador
4. Martillo de compactación
5. Aparato para medir la expansión con deformímetro de carátula con precisión en mm
6. Pesos para sobrecarga
7. Máquina de compresión equipada con pistón de penetración CBR capaz de penetrar a una velocidad de 1.27 mm/min.

Procedimiento

1. Preparar una muestra de suelo de grano fino (en cantidad suficiente para hacer 6 probetas) menor que el tamiz # 4, al contenido de humedad óptima del suelo determinado con el ensayo de Proctor Modificado.
2. Antes de compactar el suelo en los moldes, tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad (por lo menos 100 g si el suelo es de grano fino).
3. Pesar los moldes sin su base ni el collar.
4. Para cada molde ajustar el molde a la base, insertar el disco espaciador en el molde y cubrirlo con un disco de papel filtro.
5. Fabricar 6 probetas de 5 capas cada una: 2 de 12 golpes por capa, 2 de 26 golpes por capa y 2 de 56 golpes por capa; dejar saturando una muestra de 12, de 26 y de 56 golpes por capa.
6. Para cada molde retirar la base, el collar y el disco espaciador, pesar el molde con el suelo compactado y determinara el peso unitario total del suelo.
7. Colocar un disco de papel filtro sobre la base, invertir la muestra y asegurar el molde a la base de forma que el suelo quede en contacto con el papel filtro. Para muestras no saturadas, llevar a cabo los pasos 8 a 10:
8. Colocar suficientes pesas ranuradas (no menos de 4.5 kg) sobre la muestra de suelo para simular la presión de sobrecarga requerida.
9. Colocar la muestra en la máquina de compresión y sentar el pistón sobre la superficie de suelo utilizando una carga inicial no mayor de 4.5 kg. Fijar el cero en los deformímetros de medida de carga y de penetración (o deformación).
10. Hacer lecturas de deformación o penetración y tomar las respectivas lecturas del deformímetro de carga. Extruir la muestra del molde y tomar dos muestras representativas adicionales para contenido de humedad.
11. Colocar la placa perforada con el vástago ajustable sobre el suelo compactado y aplicar suficientes pesas para obtener la sobrecarga deseada, cuidando que no sea inferior a 4.5 kg. Asegurarse de usar un

disco de papel filtro entre la base perforada del vástago y el suelo para evitar que el suelo se pegue a la base del vástago.

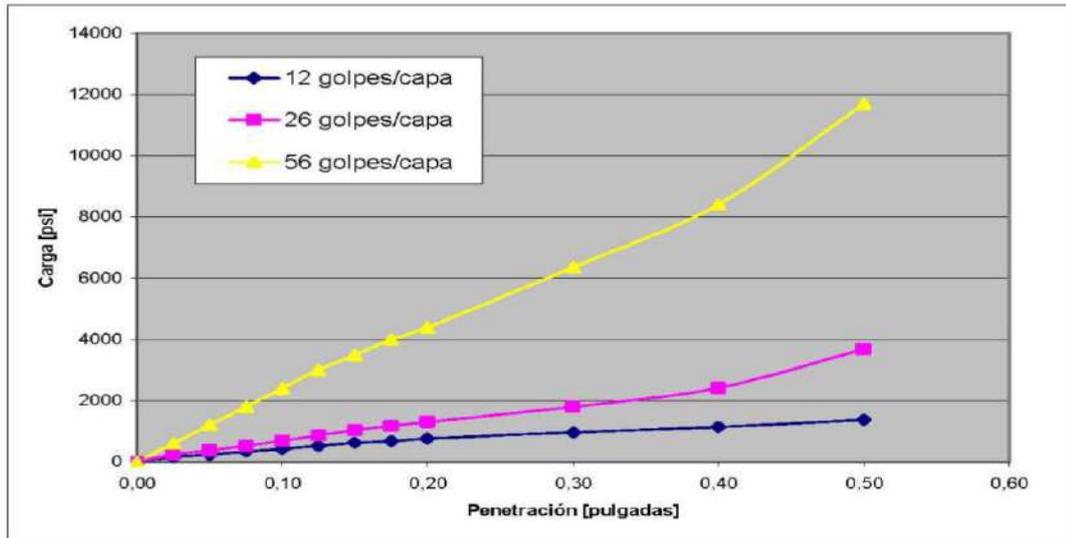
12. Sumergir el molde y las pesas en un recipiente de agua de forma que el agua tenga acceso tanto a la parte superior como a la parte inferior de la muestra y ajustar el deformímetro de carátula (con lecturas al 0.01 mm) en su respectivo soporte; marcar sobre el molde los puntos donde se apoya el soporte de forma que pueda removerse y volver a colocarlo sobre el molde en el mismo sitio cuando se desee hacer una lectura.
13. Ajustar el cero del deformímetro de expansión y registrar el tiempo de comienzo del ensayo. Tomar las lecturas a 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas de tiempo transcurrido; el ensayo de expansión puede terminarse después de 48 horas si las lecturas en el deformímetro de expansión se mantienen constantes por lo menos durante 24 horas.
14. Al final de las 96 horas de inmersión, sacar la muestra y dejarla drenar por espacio de 15 min; secar completamente la superficie superior de la muestra con toallas de papel.
15. Pesar la muestra sumergida incluyendo el molde.
16. Realizar los pasos 8 al 10 para cada muestra.
17. Tomar muestras para contenido de humedad de las muestras saturadas de la siguiente forma:
 - dentro de los 3 cm superiores del suelo
 - dentro de los 3 cm inferiores del suelo
 - en el centro de la muestra de suelo.

Cálculos

1. Dibujar una curva de resistencia a la penetración en libras por pulgada cuadrada (psi) o kPa versus la penetración en pulgadas o mm. En un mismo gráfico las muestras secas y en otro las muestras saturadas. Dibujar posteriormente estas curvas en un mismo gráfico comparando las resistencias secas y saturadas.
2. Calcular el CBR para una penetración de 0.01 pulgadas (carga patrón 3000 psi) para los 6 ensayos; dibujar en un mismo gráfico la curva CBR (%) versus densidad seca (kg/cm^3), una curva para las muestras secas

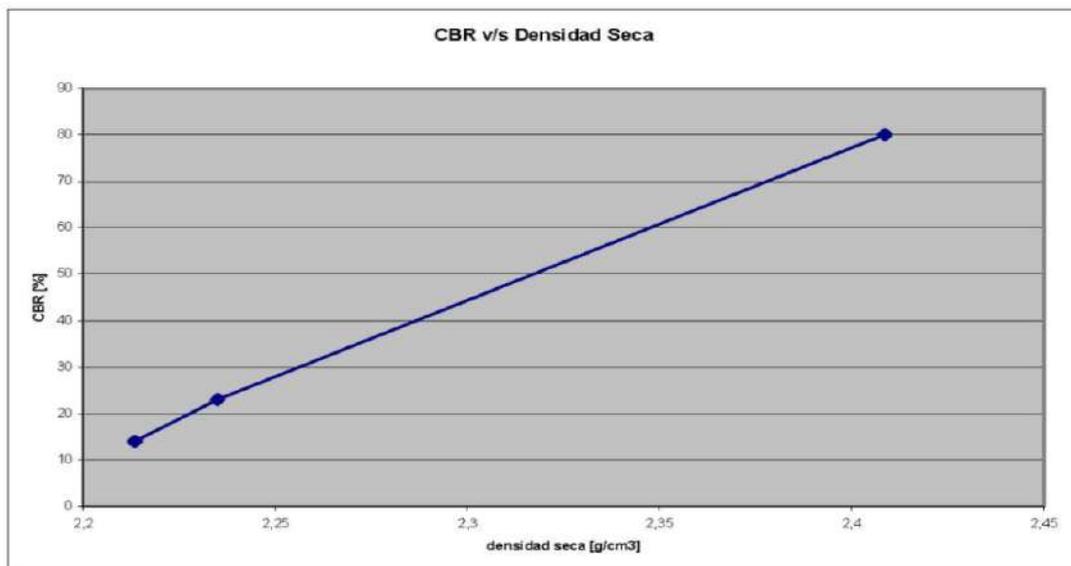
y otro para las muestras saturadas. Realizar otro gráfico con las mismas características para una penetración de 0.02 pulgadas (carga patrón 4500 psi).

Figura II.3.
Penetración CBR



Fuente: AASHTO, 1993.

Figura II.4.
Densidad seca CBR



Fuente: AASHTO, 1993.

2.2.3.6. Ensayo de Compactación Estática

En suelos friccionantes las pruebas dinámicas producen una curva de compactación de una forma inadecuada para la determinación de su peso volumétrico seco máximo y su humedad óptima.

Es la prueba de compactación estática la que nos da una información exacta de los pesos volumétricos máximos y óptimos.

Equipo.

1. Un molde metálico de 6" de diámetro interior y 8" de altura.
2. Una máquina de compresión con capacidad mínima de 30 ton.
3. Una varilla punta de bala de 5/8 " de diámetro y 30 cms., de longitud.
4. Un tamiz de 1".
5. Un tamiz No. 4.
6. Una balanza con capacidad de 25 kgs., y sensibilidad de 1.0 grs.
7. Una balanza con capacidad de 500 gr., y sensibilidad de 0.01 gr.
8. Taras para determinar la humedad.
9. Una probeta graduada de 500 cm³.

Procedimiento

Este ensaye está limitado a los suelos que pasan totalmente el tamiz de 1", también deberá efectuarse en los suelos finos como las arenas de ríos o de mina producto de trituración, tezontles arenosos y en general en todos los materiales que carezcan de cementación.

La muestra para efectuar esta prueba deberá pesar aproximadamente 16 kgrs.

1. Criebe el material por el tamiz de 1" y obtenga porciones representativas de 4 kgs., del material que pasó el tamiz de 1".
2. Se incorpora cierta cantidad de agua y se revuelve bien el material.
3. Una vez lograda la distribución homogénea de la humedad, se coloca en tres capas dentro del molde cilíndrico y a cada una de las capas se le aplican 25 golpes con la varilla punta de bala.

4. Una vez aplicados los 25 golpes con la varilla punta de bala a cada capa, se compacta el material aplicando una carga uniforme y lentamente de modo de alcanzar la presión de 140.6 kg/cm² en un período de 5 minutos, la que debe mantenerse en un período de 1 minuto, e inmediatamente hacer la descarga lentamente en un período de 1 minuto. La presión se aplica en una máquina compresora.
5. Si al llegar a la carga máxima no se humedece la base del molde la humedad del espécimen es inferior a la óptima.
6. Se repiten los pasos del 2 al 4 y si al llegar a la carga máxima se humedece la base del molde por haberse iniciado la expulsión de agua, el material se encuentra con una humedad óptima cuando se inicia el humedecimiento de la base del molde.
7. Para fines prácticos es muy conveniente considerar que el espécimen se encuentra con su humedad óptima cuando se inicia el humedecimiento de la base del molde.
8. Se determina la altura del espécimen restando la altura entre la cara superior de este y el borde del molde de la altura total.
9. Se pesa el material más el molde y se anota su peso.
10. Determine el contenido de humedad.
11. Calcule el peso volumétrico húmedo y el peso volumétrico seco

2.2.4. CIMENTACIONES PARA ESTRUCTURAS VIALES

2.2.4.1.1. Descripción

La tierra es un material utilizado por el hombre desde tiempos muy antiguos. Lo han empleado básicamente para la construcción de viviendas. En la actualidad, la mayor parte de las obras de ingeniería involucran realizar obras de tierras, como por ejemplo, los terraplenes (cimentaciones para estructuras viales), los recubrimientos, rellenos, canales, taludes, cimentaciones y cualquier tipo de construcción civil.

- **Terraplén:** Son estructuras realizadas con materiales tipo suelo, con tamaños máximos generalmente inferiores a 100 – 150 mm y poseen

bajo contenido en finos. Se construyen mediante tongadas (capas compactadas).

- **Pedraplén:** Son estructuras construidas con fragmentos rocosos. Se construyen mediante tongadas (capas compactadas).
- **Escollera:** Estructuras construidas con bloques de rocas que pueden alcanzar hasta 1 m³

2.2.4.2. Zonas distinguibles en un terraplén

El Cimiento o Base:

Parte del terraplén situada por debajo de la superficie original del terreno, que ha sido variada por el retiro de material inadecuado. Esta capa es la más inferior de todas, por lo que está en contacto directo con el terreno natural. Sus características mecánicas no son muy elevadas, debido a que las tensiones en este punto son bajas y disipadas. Su espesor será como mínimo de un metro (1 m).

Núcleo:

Es la parte del relleno comprendida entre el cimiento y la corona. Conformar la parte central del terraplén, acaparando la mayor parte de su volumen y siendo el responsable directo de su geometría.

Corona:

Es la capa de terminación del terraplén, en la que se asentará el pavimento, por lo que estará sometida a grandes esfuerzos. Su espesor será de aproximadamente 50 cm, salvo que los planos del proyecto o las especificaciones especiales indiquen un espesor diferente. Debe ser la capa más estable posible para el movimiento de la maquinaria sobre la misma.

Espaldón:

Es la parte exterior del relleno tipo terraplén que, ocasionalmente formará parte de los taludes del mismo. No se considerarán parte del espaldón los revestimientos sin misión estructural en el relleno como plantaciones, cubierta de tierra vegetal, protecciones antierosión, etc.

Funciones.

Las principales funciones de la capa subrasante son:

- Recibir y resistir las cargas de tránsito que le son transmitidos por el pavimento.
- Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén

Estas dos funciones son estructurales y comunes a todas las capas de las secciones transversales de una vía terrestre.

2.2.4.3. Tipos de terraplenes

Terraplenes de Poca Altura.

Este tipo de terraplén está influenciado por el terreno natural, ya que está próximo a la coronación. Por ello es necesario realizar una excavación para ubicar el cimiento; de este modo se dará una mayor uniformidad al terreno de apoyo. Es recomendable fijar una altura mínima para mejorar las condiciones del drenaje, aislando el agua freática existente en el terreno. En este tipo de obra se deben emplear suelos de mayor calidad, adecuados y seleccionados o estabilizarlos con cal o cemento para mejorar su resistencia.

Precarga del terreno.

Consiste en aplicar una carga sobre el terreno que constituye el terraplén de manera que asiente prematuramente. Posteriormente, se volverá a rellenar hasta alcanzar la cota de proyecto. Es efectiva para suelos finos. Existen diversas variantes de este sistema: relleno de tierras, empleo de grandes bloques de hormigón y escolleras, reducción del nivel freático.

Inyecciones.

Consiste en inyectar al suelo materiales más resistentes, para mejorar sus cualidades. Se usa en suelos granulares Gravas o arena de tamaño medio.

Terraplenes para Suelos Blandos.

Los suelos blandos, tales como arcillas, limos y turbas presentan un nefasto comportamiento como soporte de cualquier tipo de obra de tierra. Para este tipo de suelo es conveniente realizar un estudio geotécnico que caracterice el terreno, de manera que pueda estimarse la forma más precisa de estabilidad y los asentamientos admisibles del terraplén. Para este tipo de suelo se obra de dos posibles maneras: si la capa tiene poca potencia puede ser económicamente viable su eliminación empleando maquinaria de movimiento de tierras; sin embargo un mayor espesor obligará actuar directamente sobre el terreno existente para mejorar sus cualidades resistentes.

2.2.4.4. Construcción de terraplenes

El proceso constructivo de un terraplén comprende diversas etapas y operaciones enfocadas a conseguir las características resistentes y estructurales exigidas a cada capa, y que aseguren un correcto funcionamiento del mismo.

La calidad de un terraplén depende en gran medida de su correcta realización, es decir, de la apropiada colocación y posterior tratamiento de los diferentes materiales empleados en su construcción.

Para ello es importante tener en cuenta que una mala ejecución puede ocasionar problemas que afectaran a la funcionalidad de la carretera; así una humectación o compactación deficiente provocara asentamientos excesivos del terraplén ocasionando problemas de inestabilidad como colapso y desmoronamiento de la obra.

2.2.4.5. Control de calidad del terraplén

Para asegurarse el correcto comportamiento del terraplén es necesario establecer una serie de procedimientos de control y comprobación de diversas características del suelo ya que a la larga van a determinar su comportamiento mecánico.

Control de Procedimiento.

Consiste en establecer la forma en que deberá efectuarse la ejecución del terraplén fijando, según las características del suelo disponible y el tipo de maquinaria a emplear, el espesor de la capa o el número de pasadas. El gran abanico climatológico existente en nuestro país dificulta la elaboración de métodos específicos de control suficientemente homogéneos.

Dificultades administrativas.

práctico el efectuar “ensayos sorpresas” durante la ejecución de la obra, manteniendo así un estado permanente de tensión y falsa vigilancia sobre el La escasa disponibilidad de personal especializado en realizar controles periódicos y detallados, unido al inconfundible carácter ibérico hacen más contratista.

Control de producto terminado.

Consiste en fijar las características que debe cumplir el material una vez colocado en obra; para ello se mide in situ diversas características y se comparan con valores obtenidos sobre muestras patrón en laboratorio. Para determinar la densidad en la obra se lleva a cabo los siguientes métodos:

1. **Método de la arena (NLT – 109):** Consiste en la excavación de un agujero en la zona a ensayar, determinando el peso del material extraído. Para determinar el volumen del agujero, éste se rellena de arena empleando un recipiente calibrado que permita conocer la

cantidad introducida. Conocida la masa y el volumen puede determinarse la densidad del suelo.

2. **Método Radioactivo:** Se basa en la interacción de la radiación gamma con los electrones existentes en las partículas del suelo. El aparato nuclear un contador (Geiger) mide la diferencia entre la energía emitida y la recibida, que es proporcional a la densidad del suelo.

3. **Medición de la capacidad portante:** Consiste en determinar si el terreno es capaz de absorber y distribuir las tensiones transmitidas por el tráfico a través del firme. Existen diferentes métodos para controlar la capacidad portante del terreno:

- **Ensayo CBR:** Es un ensayo normalizado de penetración (NLT – 112) que mide la presión necesaria para introducir un pisón a una cierta profundidad, comparándola con la empleada en una muestra patrón.
- **Placa de carga:** Consiste esencialmente en la aplicación escalonada de una carga variable sobre una superficie determinada generalmente circular o cuadrada midiendo los asentamientos obtenidos a lo largo del tiempo
- **Compactímetros:** Este tipo de aparatos van incorporados a la llanta de los compactadores vibratorios; miden la densidad y el grado de compactación del terreno en función de la onda armónica generada sobre el propio terreno durante el proceso de vibra compactación.

CAPITULO III

PROPUESTA TECNICA DE LA INVESTIGACIÓN

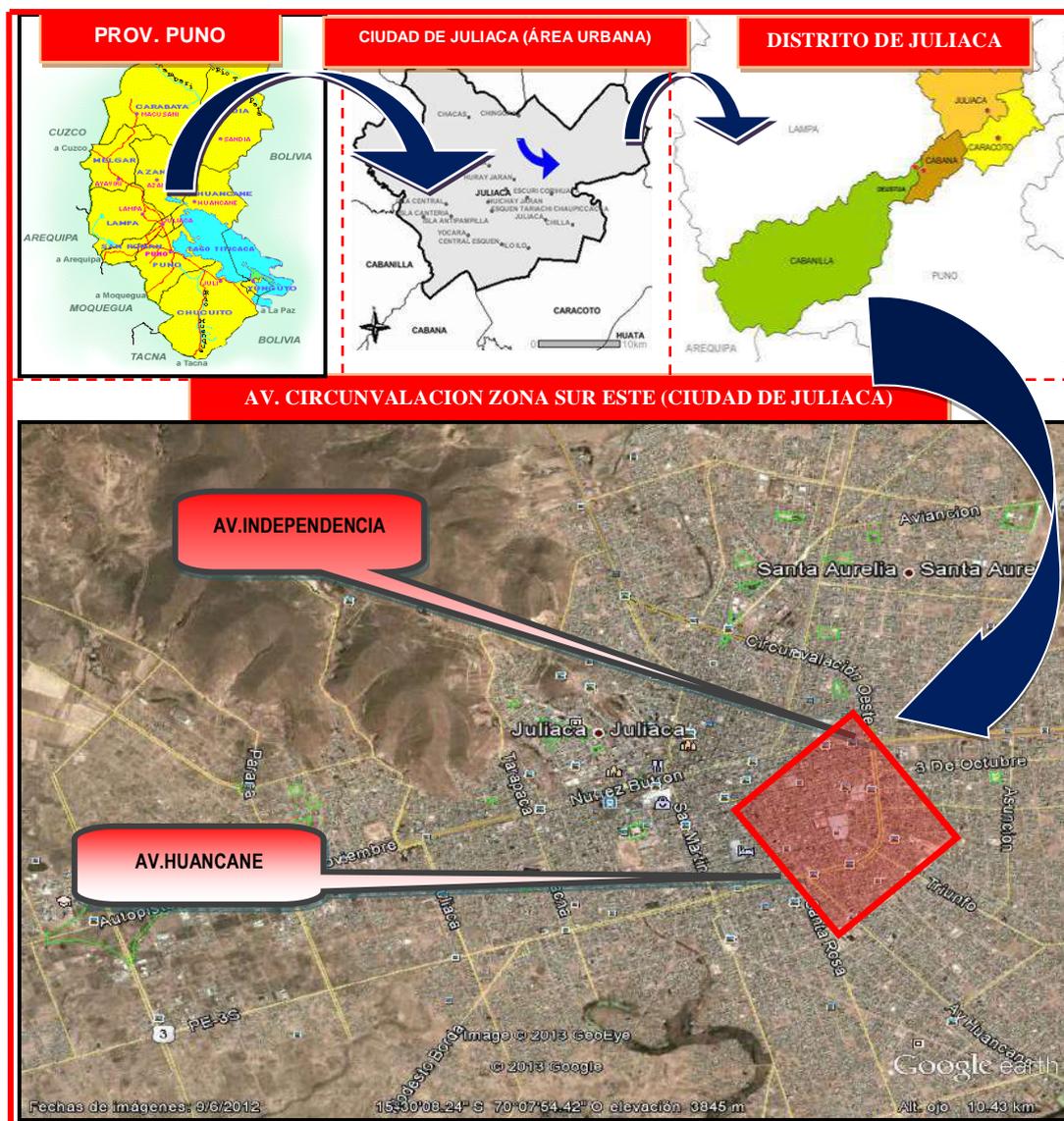
3.1. IDENTIFICACIÓN DE SUELOS EN LA AVENIDA CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA

3.1.1. Ubicación.

La vía que se analizara en este trabajo de investigación se encuentra 1.5 km. aproximadamente de distancia del centro de la ciudad de Juliaca, El Terraplen se encuentra situado en la Avenida Circunvalación Este en el tramo comprendido desde la intersección con la Avenida Independencia hasta la intersección con la Av. Huancané; abarcando diferentes urbanizaciones (Urbanización San José, Urbanización San Carlos, Urbanización Mariano Melgar, Urbanización Pueblo Joven La Revolución, Urbanización San Francisco, y otras urbanizaciones muy próximas).

Región	: Puno
Provincia	: San Román
Distrito	: Juliaca
Sector	: Cono Noreste

Figura III.I.
Mapa de Ubicación Geográfica



Fuente: Elaboración propia

3.1.2. Aspectos generales de la situación actual.

El estado en el que se encuentra la vía correspondiente la Av. circunvalación, que comprende al tramo que inicia en la Av. Independencia – Av. Huancané, genera malestar en la población de esta zona, puesto que la vía en mención presenta desniveles y hoyos que dificultan el tránsito normal de los vehículos; asimismo el deterioro de algunas veredas y la carencia de otras genera inseguridad en cuanto al

tránsito Situación que empeora en épocas de lluvia ya que se forman charcos de agua y lodazales que dificultan aún más el traslado tanto vehicular no motorizados, vehículos menores motorizados y vehículos de alto tonelaje y/o pesados; en épocas de estiaje también se tienen efectos negativos, ya que considerando que la vía es de tierra y ante los vientos típicos de la ciudad de Juliaca se generan polvos en suspensión que ingresan a las viviendas, lo cual tiende a deteriorar la fachada de las mismas y demás enseres fijos de la vivienda que requieren de mayor frecuencia en cuanto a limpieza y por ende incremento en costos de conservación.

3.1.3. Características de la Situación Negativa

La vía correspondiente a la Av. circunvalación, que comprende al tramo que inicia en la Av. Independencia – Av. Huancané, la infraestructura vehicular llámese calzada se encuentra en mal estado por lo tanto genera malestar en la población, puesto que actualmente se encuentra en inadecuadas condiciones de transitabilidad tanto vehicular como la superficie de rodadura se convirtió ondulado, la cual a lo largo de su recorrido presenta desniveles y hoyos que dificulta el tránsito normal de los vehículos; en cuanto a las veredas, el 100% de las viviendas cuenta con veredas en buen estado.

Figura III.2.
Situación del pavimento de la vía



3.1.4. Descripción del terreno.

Emplazamiento:

El Terreno del presente estudio se encuentra situado sobre la Avenida Circunvalación Nor-este en el tramo comprendido desde la intersección con la Av. Independencia hasta la intersección con la Av. Huancané.

Para la Infraestructura Vial, en el emplazamiento del terreno en la actualidad se tiene una infraestructura vial que se encuentra sin mantenimiento y las Obras Complementarias sin ningún tipo de tratamiento.

Superficie:

El terreno en el cual se asienta la avenida Circunvalacion tiene una superficie de 38,330.81 m²., incluyendo la infraestructura vial calzada para tránsito vehicular con un ancho promedio de margen derecho con 13.00 ml., en el margen izquierdo con 12.50 ml., y un recorrido de 1,436.25 metros lineales en cada margen.

Forma:

El Terreno tiene forma irregular ya que en la progresiva 2+419.91 cuenta con un ancho de 12.61y 13.18 ml. para calzadas y 12.59 para berma central y en la progresiva 3+820 tiene un ancho de 13.37 ml. y 13.38 ml. para calzadas y 12.90 ml para berma central; longitudinalmente tiene una leve curvatura en el eje de vía.

Topografía

El Terreno no presenta desniveles apreciables en la rasante de la vía,

3.1.5. Ensayos realizados en los suelos.

3.1.5.1. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD NORMAS: (ASTM - D 2216), MTC E 108 - 2000

Importancia.

El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar la cantidad de agua existente en una cantidad de suelo. El contenido de humedad de una masa de suelo, está formado por la suma de sus aguas libre e higroscópica, La fase líquida no es una característica permanente de un suelo, es solo transitoria, según las condiciones del lugar donde se encuentre.

Objetivo.

Es determinar el contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en el suelo relacionado al peso de su fase sólida.

El método tradicional de determinación de la humedad del suelo en el laboratorio, es por medio del secado en el horno donde la humedad de un suelo es la relación expresada en porcentaje entre el peso del agua existente en una determinada más de suelo y el peso de las partículas sólidas. Para fines de nuestra carrera profesional cual es la Ingeniería Civil se considerará fase líquida a aquella que puede ser eliminada por evaporación a una temperatura de entre 105°C a 110°C, hasta que la muestra registre un peso constante.

La determinación del contenido de humedad de los suelos se ha convertido en un ensayo casi de rutina en el laboratorio, debido a que, conocerlo es necesario para todo los ensayos, en algunos casos para deducir las características del suelo seco sin necesidad de someter a secado a toda la muestra; en otros

porque las propiedades físicas y mecánicas pueden depender de la cantidad de agua presente en el suelo.

En el caso de los suelos finos la importancia de conocer la humedad es mayor debido a que su comportamiento se ve más afectado por la presencia de Agua.

Equipos de laboratorio

- **Horno de secado.-** Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- **Balanzas.-** De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.01 g para muestras de menos de 200 g de 0.1 g para muestras de más de 200 g.
- **Recipientes.-** Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Utensilios para manipulación de recipientes.

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

Otros utensilios.- Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas. Cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

Principio del ensayo

Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota.- (*) El secado en horno siguiendo este método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que

contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para estos suelos, secándolos en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

Espécimen de ensayo

La determinación del contenido de humedad de los suelos se ha convertido en un ensayo casi de rutina en el laboratorio, debido a que, conocerlo es necesario para todo los ensayos, en algunos casos para deducir las características del suelo seco sin necesidad de someter a secado a toda la muestra; en otros porque las propiedades físicas y mecánicas pueden depender de la cantidad de agua presente en el suelo.

En el caso de los suelos finos la importancia de conocer la humedad es mayor debido a que su comportamiento se ve más afectado por la presencia de Agua.

Para los contenidos de humedad que se determinen en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.

La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Tabla III.1.
Peso de muestra y cantidad para contenidos de humedad

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla Estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N° 4)	100 g	20 g*
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 k g	250 g
37.5 mm	38.1 mm (1 1/2")	10 k g	1 kg
75.0 mm	76.200 mm (3")	50 k g	5 kg

Fuente:

Procedimiento de ensayo

1. Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada) Es práctica común determinar su peso de los recipientes antes de realizar el ensayo.
2. Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo lo indicado en anteriormente.
3. Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.
4. Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura.
5. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser

establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

6. Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Cálculos

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje, calculándose los datos obtenidos después de realizado el ensayo con los siguientes.

- Peso de la tara o recipiente = Pt
- Peso de la tara más muestra de suelo húmedo = Pw
- Peso de la tara con la muestra de suelo seco. = Ps

Los cálculos son los siguientes:

1. Cálculo de masa inicial de suelo húmedo

$$Msh = Pt - Pw$$

2. Cálculo de masa de suelo seco

$$Mss = Ps - Pt$$

3. Cálculo de contenido de humedad w%

$$\% W = \left[\frac{Msh - Mss}{Mss} \right] \times 100$$

Sugerencias

Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

Los suelos con partículas orgánicas no deben ser secados a temperaturas elevadas porque corren el riesgo de perder su estructura molecular y alterar así su composición, esto indica que todo los suelos que contienen partículas orgánicas deben ser secados a temperaturas inferiores a 60°C para no perder su estructura molecular, lo mismo podemos decir de los suelos calcáreos.

3.1.5.2. ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO NORMAS: NTP 339.129 - ASTM D – 4318, AASHTO T – 89

Se procedió a este ensayo con los suelos de la vía en estudio.

Importancia.

Se le acredita a TERZAGHI (1925) el reconocimiento del uso de los límites Líquido (LL) y Plástico (LP) como valores Índices de consistencia, Casagrande (1932) modificó el método original de Atterberg para determinar el (LL) mejorando la reproductibilidad del ensayo.

En mecánica de suelos y, en particular, en los estudios de materiales para construcción de terraplenes de una cortina, sub-base y base de pavimentos etc., las pruebas de Atterberg, conjuntamente con la determinación granulométrica, son básicas para juzgar la calidad del material que se pretende usar. En los materiales pétreos para carpetas, se aplican a fin de conocer el grado de plasticidad de los finos que sería un indicio de la presencia de arcilla. Esta arcilla puede ser perjudicial principalmente en mezclas asfálticas, dependiendo de su actividad y de la cantidad y forma en que se presente el material.

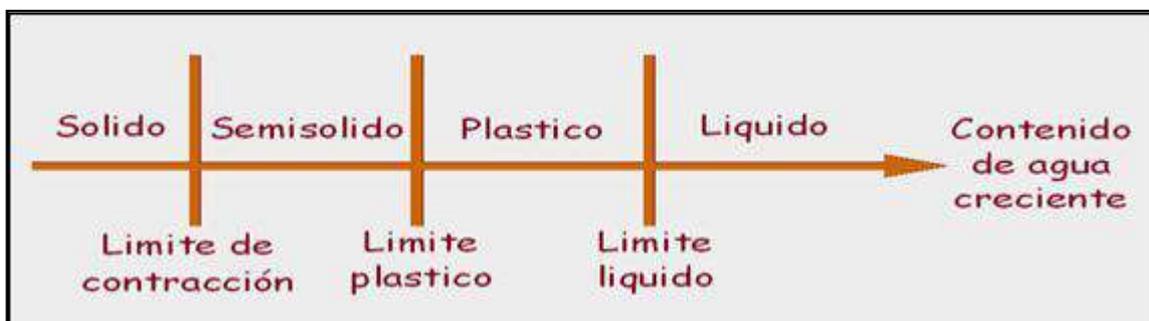
Definición.

El límite líquido (LL) es el contenido de agua (Expresado como porcentaje de peso seco) con el cual una masa de suelo colocada en un recipiente en forma de cuchara (copa de Casagrande), se separa con un ranurador, se deja caer una altura de 1cm y se cierra desea ranura en 1cm, después de 25 golpes de la cuchara contra la base dura.

Casagrande (1932) concluyo que con cada golpe en un dispositivo estándar para limite liquido corresponde a una resistencia cortante del suelo de aproximadamente 1 g/cm^2 ($\approx 0.1 \text{ kN/m}^2$). Por consiguiente, el limite liquido de un suelo de grano fino da el contenido de agua para el cual la resistencia cortante del suelo es aproximadamente de 2.5 g/cm^2 ($=2.5 \text{ kN/m}^2$)

El contenido de humedad que determina el límite líquido entre el plástico y semi- líquido, del estado líquido se llama el límite líquido (LP). Cuando el contenido de agua es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por tanto, dependiendo del contenido del agua, la naturaleza del comportamiento del suelo se clasifica arbitrariamente en cuatro estados básicos, denominados sólido, semisólido, plástico y liquido como muestra la figura III.3:

Figura III.3.
Estados básicos de los suelos



Fuente:

Objetivo.

Este método describe el procedimiento para determinar en el laboratorio del límite líquido de un suelo (L.L.) del mismo suelo.

Equipos de laboratorio.

1. Equipo de casa grande, dispositivo para determinar el límite líquido montado en un dispositivo de apoyo fijado a una base dura.
2. Acanalador, (Casagrande o ASTM) mango de calibre de 1cm para verificar la altura de caída de la cuchara.
3. Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100mm (3" – 4") de longitud por 20mm (3/4") de ancho.
4. Capsula de porcelana, de 115 mm (4 ½") de diámetro.
5. Balanza, con aproximación a 0.1g.
6. Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
7. Tamiz, de 0.5m m (N° 40).
8. Agua destilada. Agua destilada o desmineralizada.
9. Tarros o taras, Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

Preparación de la muestra

Es preferible que al preparar el suelo para la prueba, se encuentre con su contenido de agua natural. El secado del material puede alterar sensiblemente los valores de los límites. Durante la preparación del material y su ensaye, no se debe permitir que el contenido de agua del suelo baje más allá del límite plástico o de su contenido natural. Para poder establecer correlaciones válidas entre los resultados obtenidos, todos los límites y los contenidos de agua deben determinarse en el mismo material. No deben mezclarse suelos con diferentes características de plasticidad.

El procedimiento de separación de las partículas retenidas por la malla N° 40 se elige en función de su resistencia en estado seco. Se seca al

horno una muestra húmeda de material y se presiona con los dedos. Si se desmorona fácilmente, el material es areno – limoso ó limoso y se usa el método de separación en estado seco. En cambio, si la muestra ofrece una resistencia apreciable, el material es arcilloso y se requiere hacer la preparación con ayuda de agua.

Procedimiento de ensayo

1. Del material que pasa la malla N° 4 (4.76 mm), se desmenuzan 150g. en un mortero, cuidando de no llegar a romper los granos.
2. Se procedió al tamizado y obtención del material que paso por la malla N° 40 cuyo material fue necesario para los dos ensayos es decir, el del Limite Liquido y el Limite Plástico.
3. Se agrega agua y, con una espátula, se mezcla perfectamente, hasta obtener una pasta suave y espesa, con una consistencia correspondiente.
4. Se guarda la muestra humedecida en un frasco de vidrio hermético o en una bolsa de plástico durante 24 hrs. por lo menos, para que la humedad se distribuya uniformemente en el suelo.
5. En la copa del aparato se marca con lápiz una cruz en el centro de la huella que se forma al golpear contra la base.
6. Se da vuelta a la manija hasta que la copa se eleve a su mayor altura, utilizando una solera de un centímetro de espesor ó el calibrador de un centímetro adosado al ranurador, se verifica que la distancia entre el punto de percusión y la base sea de un centímetro exactamente.
7. Los puntos de impacto, tanto en la base como en la copa, no deben estar gastados. Si la marca de la base tiene más de 0.1 mm de profundidad, ésta debe pulirse nuevamente
8. Al dejar caer sobre la base un balín de acero de 2 gr. con diámetro de 8 mm (5/16 pulg), desde una altura de 25.4 cm (10 pulgadas). La altura de rebote debe estar comprendida entre 18.5 cm (7.3 pulg.) y 21 cm (8.3 pulg.).
9. Las dimensiones del ranurador deben verificarse; punta (2.0 ± 0.1 mm) y ancho de la parte superior de la ranura (11.0 ± 0.2 mm).

10. Se mezcla la muestra en una cápsula de porcelana hasta hacerla homogénea.
11. Con una espátula, se coloca en la copa entre 50 y 75g. de la muestra y se enrasa la superficie. La cantidad de material debe ser suficiente para que pueda labrarse la ranura completa en una longitud de 4 cm aproximadamente.
12. Se hace una ranura en el centro de la muestra, inclinando el ranurador de manera que permanezca perpendicular a la superficie interior de la copa. Para arcillas arenosas, limos con poca plasticidad y algunos suelos orgánicos, el ranurador plano no permite labrar la ranura a satisfacción. Para estos suelos, se corta la ranura con una espátula verificándose las dimensiones con el ranurador.
13. Después de asegurarse de que la copa y su base estén limpias y secas se da vuelta, uniformemente, a la manivela a razón de dos golpes por segundo hasta que la ranura se cierre en una longitud de 1.3 cm, aproximadamente.
14. Se toma aproximadamente unos 10 gr se anota su peso el N° de golpes.
15. Con la espátula, se vuelve a mezclar el material y se repiten las operaciones indicadas en los puntos 20, 21 y 22 hasta que se obtengan dos determinaciones congruentes con diferencia máxima de cinco golpes. Se anota el resultado o el promedio de los dos últimos.
16. En un recipiente, se ponen 10 g. aproximadamente, de la porción de la muestra que está próxima a la ranura.

Método optativo para determinar el límite líquido con un solo punto.

Un método optativo para determinar el límite líquido con un solo punto dentro de ciertos intervalos de números de golpes (20 a 30 únicamente).

Este método requiere especial cuidado del operador al efectuar la prueba. Para que el valor del límite líquido obtenido sea más confiable, es conveniente aplicar el método anterior a dos puntos distintos, y verificar que los valores obtenidos no difieran más del 2% de su promedio.

Cálculos

El resultado del ensayo se expresa en %, calculándose los datos obtenidos después de realizado el ensayo con los siguiente.

- Peso de la tara o recipiente = Pt
- Peso de la tara más muestra de suelo húmedo = Pw
- Peso de la tara con la muestra de suelo seco. = Ps

Los cálculos son los siguientes:

Calculo de masa inicial de suelo húmedo

$$Msh = Pt - Pw$$

Calculo de masa de suelo seco

$$Mss = Ps - Pt$$

Calculo de contenido de humedad w%

$$\% W = \left[\frac{Msh - Mss}{Mss} \right] \times 100$$

Grafico curva de fluidez

Para construir un gráfico semi logarítmico, donde la humedad será la ordenada (escala natural) y el número de golpes (N), la abscisa. En el gráfico, dibujar los puntos correspondientes a cada una de las tres o más pruebas y construir un recta llamada curva de flujo, pasando tan aproximadamente como sea posible por dichos puntos. Expresar el limite liquido (LL) del suelo, como la humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la abscisa en 25 golpes, aproximado al entero más próximo. Este dato también puede interpolarse matemáticamente con N = 25 golpes, obteniendo así el limite líquido.

Observaciones

- Dispositivo para determinar el límite mal construido ó mal ajustado. Punto de percusión gastado. Restitución dinámica de la base insuficiente..
- Ranurador con punta gastada, lo que ocasiona que la ranura formada en el suelo tenga más de dos milímetros de ancho en el fondo.
- Corte incorrecto de la ranura. En suelos arenosos ocurre que el material se desliza sobre la superficie de la copa al labrar la ranura. En este caso, se subestima el límite líquido
- Es recomendable realizara el ensayo en cámara húmeda para evitar la evaporación en la muestra de suelo.

3.1.5.3. ENSAYO LIMITE PLASTICO NORMAS: NTP 339.129 ASTM D – 4318, AASHTO T -90.

Se procedió a este ensayo con los suelos de la base y sub base y terreno de fundación del pavimento existente en la vía.

Importancia

Desde tiempos remotos, se sabe que algunos suelos, de trabajo, variando la humedad, hasta alcanzar un estado de coherencia de estado característica llamada de consistencia plástica. Se sabe que la forma laminar de las partículas es responsable de las características de plasticidad y compresibilidad de los suelos finos. A su vez, la forma determinada en última instancia, estas partículas de arcilla por el mineral, es decir, depende de la estructura cristalina de cada mineral de La plasticidad se puede definir en Mecánica del Suelo, con la propiedad que tiene un suelo para intentar rápida deformación, que se produce sin cambio apreciable de volumen y la desorganización. De propiedades que pueden expresarse por sí mismos, entender que la forma característica de las partículas finas que permite deslizarse hacia abajo, un puesto en el otro, siempre que exista suficiente cantidad de agua para actuar como lubricante. En resumen, podemos decir que la

plasticidad se asocia con suelos delgados, y depende de los minerales de arcilla-, y la cantidad de agua en el suelo.

Definición

La plasticidad, por lo tanto, es un estado de situación de la coherencia, que depende de la cantidad de agua presente en el suelo. El contenido de humedad que determina el límite entre el plástico y semi-sólido, del estado sólido se llama el límite de la plasticidad (LP).

Objetivo.

Este método describe el procedimiento para determinar en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo. Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen. Esta prueba se realiza simultáneamente después de ensayo de límite líquido.

Equipos de laboratorio

1. Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
2. Recipiente para Almacenaje, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
3. Balanza, con aproximación a 0.1 g.
4. Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
5. Tamiz, de 0.5m m (N° 40).
6. Agua destilada. Agua destilada o desmineralizada
7. Tarros o taras, Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
8. Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

Preparación de la muestra

De una muestra se toman aproximadamente 20g de la muestra que pase por el tamiz de 0.5 mm (N° 40), de la misma manera al preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5gr a 2,0gr de dicha esfera como muestra para el ensayo y se satura por 24 horas.

Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada. La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla.

Procedimiento de ensayo

Se toma un centímetro cúbico de la muestra, aproximadamente. Si el material tiene un contenido de agua inicial excesivo, se rueda repetidamente sobre una placa de cerámica micro porosa en atmósfera seca hasta que tenga un contenido de agua próximo al límite plástico.

1. Se rueda la pequeña muestra sobre una placa de vidrio ligeramente despulido, bajo la palma de la mano o la base del pulgar hasta formar un cilindro de 3.2 mm de diámetro y de 13 cm de largo aproximadamente, el diámetro del cilindro puede verificarse con un alambre de 3.2 mm (1/8 pulg) de diámetro.
2. Se repite la operación tantas veces como sea necesario para que, al perder agua por evaporación, y llegar al diámetro de 3.2 mm, el cilindro se agriete y se rompa en segmentos de 1 a 3 cm de largo, aproximadamente. En el caso de suelos orgánicos, el cilindro debe rodarse con cuidado para que no se rompa prematuramente. Para suelos muy plásticos, deberá ejercerse una presión considerable para reducir el diámetro del cilindro a 3.2 mm. Con frecuencia, estos suelos no se agrietan en el límite plástico.
3. Se pesa en la balanza de 0.001 g y se registra este valor en la columna cápsula + muestra húmeda.

4. Se repiten los pasos 1 a 4, con otra porción de la muestra, para comprobar la determinación anterior
5. Las muestras se introducen en el horno durante 24 hrs. Después se dejan enfriar en un desecador y se pesan. Se anotan los valores en la columna cápsula + suelo seco.

Cálculos

El resultado del ensayo se expresa en, calculándose los datos obtenidos después de realizado el ensayo con los siguiente. El resultado del ensayo se expresa en, calculándose los datos obtenidos después de realizado el ensayo con los siguiente.

- Peso de la tara o recipiente = Pt
- Peso de la tara mas muestra de suelo húmedo = Pw
- Peso de la tara con la muestra de suelo seco. = Ps

Los cálculos son los siguientes:

Calculo de masa inicial de suelo húmedo

$$Msh = Pt - Pw$$

Calculo de masa de suelo seco

$$Mss = Ps - Pt$$

Calculo de contenido de humedad w%

$$\% W = \left[\frac{Msh - Mss}{Mss} \right] \times 100$$

Observaciones

Esta determinación es subjetiva por la cual el operador deberá ser el mismo para todas las determinaciones y de este modo evitar dispersión en los resultados obtenidos.

Para producir la falla no es necesario reducir la velocidad de amasado, la presión de la mano cuando se llega a 3mm de diámetro.

Es recomendable realizara el ensayo en cámara húmeda para evitar la evaporación en la muestra de suelo.

3.1.5.4. ENSAYO ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NORMAS: (NTP 339.128 – ASTM D 422), AASHTO T 88

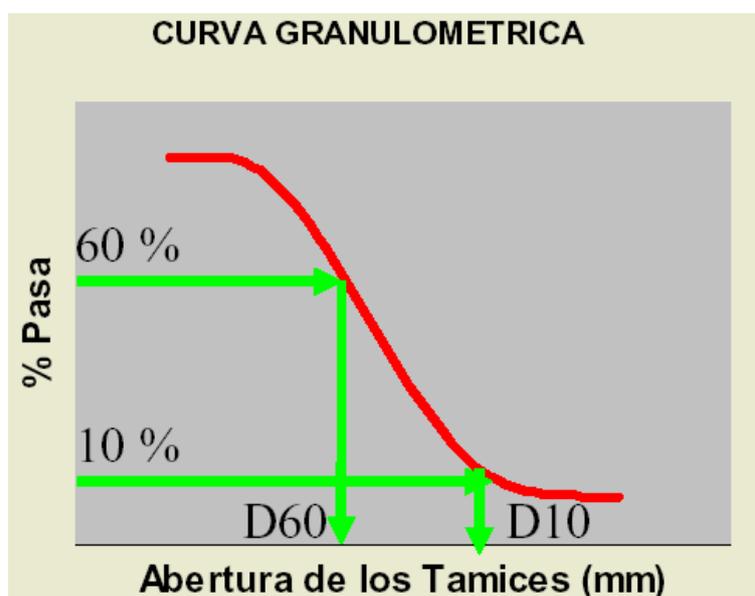
Se procedió a este ensayo con los suelos de la sub base, base y terreno de fundación.

Importancia

El estudio y análisis de la distribución de los granos en sus diferentes tamaños de una masa de suelo se conoce como granulometría del suelo, sus características y parámetros son índices indicadores que se usan para la clasificación de acuerdo a un sistema o al interés de la mecánica de suelos y sus aplicaciones en ingeniería Civil, Minería, etc. El ensayo es importante ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos para ser utilizados en base o sub bases de carreteras, presas de tierras o diques, drenajes, filtros, etc., depende de este análisis, es decir, la determinación del tamaño de las partículas presentes en una muestra de suelo en proporciones relativas que sean, que está representada, gráficamente, la curva de tamaño.

Así es posible también su clasificación mediante los sistemas de clasificación como AASHTO (clasificación de suelos y vías de transporte o SUCS. (Sistema de clasificación del ASTM)

Figura III.4.
Curva granulométrica de los suelos



Fuente:

Objetivo

El objetivo es determinar el tamaño relativo de los granos se denomina textura y su medición es el tamaño mediante el uso de tamices normalizados puestos en orden decreciente. Se describen el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 0.075 mm (N° 200).

Para suelos con partículas que pasan 0.075 mm (N°200) se determinara por el método del hidrómetro basado en la ley de Stokes. Graficar la curva granulométrica y obtener constantes como el diámetro efectivo, coeficiente de uniformidad (C_u) coeficiente Curvatura (C_c). La gradación puede calcularse de la curva de tamaños usando el coeficiente de uniformidad de finido como:

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

El coeficiente de concavidad ó coeficiente de curvatura definido por:

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Un valor alto de C_u indica que los diámetros D_{60} y D_{10} tienen un gran tamaño de partículas. Un valor aproximado a 0.1 indica una variación lineal de la curva granulométrica entre D_{10} y D_{60} . Por lo tanto se puede decir:

- Si C_c está cerca 1.0, el suelo es bien graduado.
- Si C_c es menor o mayor que 1 es suelo es pobremente graduado.

El coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad no tienen significación cuando menos del 10 % del suelo pasas por el tamiz N° 200. Por lo tanto los índices de uniformidad no indican tamaños semejantes, sino todo lo contrario; es decir es un índice de desuniformidad.

Equipos de laboratorio

Tamices.

Tabla III.2. Tamices normalizados para el Análisis Granulométrico

Tamiz (ASTM)	Abertura real	Tipo de suelo
	(mm.)	
3 *	76,12	
2 *	50,80	
1 1/2 *	38,10	GRAVA
1 *	25,40	
3/4 *	19,05	
3/8 *	9,52	
N° 4	4,76	ARENA GRUESA
N° 10	2,00	
N° 20	0,84	ARENA MEDIA
N° 40	0,42	
N° 60	0,25	
N° 140	0,105	ARENA FINA
N° 200	0,075	

Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.1 g para muestras de menos de 500 g de 0. 1 g para muestras de más de 5000 g.

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico

Utensilios para manipulación de recipientes.

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

Cepillo.- Se requiere el empleo para limpiar las mallas de los tamices de 3” hasta N°20.

Brocha.- Se requiere el empleo para limpiar las mallas de los tamices de N° 20 hasta N°200.

Principio del ensayo

Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado. obtener una muestra representativa reducir los terrones de la muestra a tamaños de partículas elemental es cernir la muestra del suelo resultante a través de una serie de mallas y pesar las cantidades retenidas en cada malla. una norma práctica es disponer de 5 a 8 mallas que mantengan aberturas de aproximadamente la mitad del tamiz superior calcular el porcentaje que pasa cada malla y trazar la curva de porcentaje que pasa

contra el diámetro del grano. en el eje de ordenadas el % que pasa y en el de las abscisas el tamaño de las mallas y/o diámetros de las partículas. Normalmente este es un trazo logarítmico (usando papel semilogarítmico). Este ensayo caracteriza sus propiedades de acuerdo a la proporción de sus tamaños, es determinante en la clasificación de los suelos

Espécimen de ensayo

El análisis granulométrico es un intento de determinar las proporciones relativas de los diferentes tamaños de grano presentes en una masa de suelo. La muestra de Suelo seca al medio ambiente previamente separado en cuatro partes gradualmente iguales. La cuarta parte de la muestra de suelo es pesada en la balanza de precisión a un peso conocido.

Procedimiento de ensayo

Análisis por medio de tamizado de la fracción retenida en el tamiz de 4,760 mm (n° 4).

1. Prepárese la serie tamices las que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente de: 50 mm (2"), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (4"), el juego de tamices deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la parte inferior .
2. Los que son necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.
3. A continuación se deposita el material en el tamiz superior del juego de tamices de acuerdo lo indicado en anteriormente.
4. En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla.
5. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuando no pasa más del 1 % de la parte

retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente.

6. Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

Análisis por medio de tamizado de la fracción que pasa en el tamiz de 4,760 mm (n° 4).

El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hará por tamizado en una serie tamices las que deberán encontrarse limpios y ordenados en forma decreciente de: 2 mm (N° 10), 0.42 mm (N° 40), 0.075 mm (N° 200), el juego de tamices deberá contar de una tapa en la parte superior y una bandeja de residuos en la parte inferior. Según las características de la muestra y según la información requerida.

Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco. Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda

Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver granulometría por sedimentación,

Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado en el tamiz 0.075 mm (N° 200).

1. Se separan mediante cuarteo, 500 g para suelos arenosos y 250 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.1 g.
2. Se pesa una porción de 500 a 250 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.

3. Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
4. Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
5. Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) y se pesa.
6. Luego se Pesó el material Retenido en Cada una de las Mallas tanto de la muestra Gruesa como de la Fina, para dar fin al ensayo físico para realizar los cálculos en gabinete.

Cálculos

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje, los valores obtenidos para la fracción retenida en el tamiz de N° 4 (abertura 4.760 mm) después de realizado el ensayo con los siguientes:

Los cálculos son los siguientes:

Se determinan los porcentajes en peso del material retenido en los diferentes tamices empleados (el porcentajes es con respecto al peso total de la muestra seca), con la siguiente fórmula:

$$\%ret.Parcial = \frac{Peso\ retenido}{Peso\ Totaldemuestra} \times 100$$

Se determina el Porcentaje retenido acumulado en los diferentes tamices empleados (el porcentaje es la sumatoria al % ret.par.) con la siguiente fórmula:

$$\%ret.Acum. = sumatoria(\%ret.Par.)$$

Se determina el Porcentaje que pasa en los diferentes tamices empleados (el porcentaje es la resta 100 - % Ret.Acum.) con la siguiente fórmula:

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Ret. Acum.}$$

Sugerencias

Los Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es para evitar esto, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.

Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.

La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada. Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz. Errores en las pesadas y en los cálculos.

3.1.5.5. ENSAYO DE PROCTOR DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA DE COMPACTACIÓN NORMAS: (NTP 339.141 - ASTM - D 1557)

Importancia

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo deformación de los mismos. Este proceso implica una reducción más o menos rápida de los vacíos, como consecuencia de la cual en el suelo ocurren cambios de volúmenes de importancia,

fundamentalmente ligados a pérdida de volumen de aire. La compactación está relacionada con la densidad máxima o peso volumétrico seco máximo del suelo que para producirse es necesario que la masa del suelo tenga una humedad determinada que se conoce como humedad óptima.

Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

Objetivo

La importancia de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado a través de toda la vida útil de la obra. Por lo general las técnicas de compactación se aplican a rellenos artificiales, tales como cortina de presa de tierra, diques, terraplenes para caminos y ferrocarriles, muelles, pavimentos, etc. algunas veces se hace necesario compactar el terreno natural, como en el caso de cimentaciones sobre arena suelta.

Definición

Este ensayo tiene por finalidad determinar la relación humedad - densidad de un suelo compactado en un molde normalizado mediante un pistón de masa normalizada, en caída libre con una energía específica de compactación. El ensayo consiste en compactar en un molde de volumen conocido muestras de un mismo suelo, pero con distintas humedades y con la misma energía de compactación.

Se registran las densidades secas y el contenido de humedad de cada molde, graficando los resultados, donde el punto más alto de la curva representa la máxima densidad seca y la proyección la abscisa es el óptimo contenido de humedad.

Equipos de laboratorio

1. **Molde de 4 pulgadas.**-Un molde que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg ($101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,0333 \pm 0,0005$ pie³ (944 ± 14 cm³).
2. **Molde de 6 pulgadas.**- Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026$ pulg ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009$ pie³ ($2\ 124 \pm 25$ cm³).
3. **Collarín.**- El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.
4. **Pisón ó Martillo.**- Un pisón operado manualmente ó mecánicamente. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05$ pulg ($457,2 \pm 1,6$ mm) de la superficie de espécimen.
5. **Probetas graduadas.**- probeta de 500ml de capacidad graduada cada 5cc y otra de 250ml, graduada cada cc.
6. **Tamices ó Mallas .**- De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm),
7. **Horno de secado.**- Horno de secado termostáticamente controlado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
8. **Balanzas.**- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones: de 0.1 g para muestras de menos de 200 g de 0. 1 g para muestras de más de 200 g
9. **Recipientes.**- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.
10. **Regla.**- Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que $\frac{1}{8}$ pulg (3 mm).

Principio del ensayo

El ensayo consiste en compactar en un molde de volumen conocido muestras de un mismo suelo, pero con distintas humedades y con la misma energía de compactación. Se registran las densidades secas y el contenido de humedad de cada molde, graficando los resultados, donde el punto mas alto de la curva representa la máxima densidad seca y la proyección la abscisa es el optimo contenido de humedad.

Elección del método

El total de la muestra recibida desde el terreno, se seca al aire o en horno a una temperatura inferior a 60°C hasta que se vuelve desmenuzable, disgregando los terrones evitando reducir el tamaño natural de las partículas.

Método "A"

- **Molde.-** 4 pulg. de diámetro (101,6mm)
- **Material.-** Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm). Capas.- 5
- **Uso.-** Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).
- **Otros Usos.-** Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

Método "B"

- **Molde.-** 4 pulg. de diámetro (101,6mm)
- **Material.-** Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).
- **Capas.-** 5
- **Golpes por capa.-** 25
- **Uso.-** Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm). y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

- **Otros Usos.-** Si el método no es especificado; los materiales pueden ser ensayados usando Método C.

Método "C"

- **Molde.-** 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.
- **Material.-** Se emplea el que pasa por el tamiz de ¾ pulg (19,0 mm).
- Capas.- 5
- **Golpes por capa.-** 56
- **Otros Usos.-** Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C

Espécimen de ensayo

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

Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 (4,75mm), 3/8pulg (9,5mm) ó 3/4pulg (19.0mm) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (MTC E – 204). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información es deseada.

Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

Procedimiento de ensayo

Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación al gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Revisar el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.

Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes. Usar aproximadamente 5 kg de suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos anteriormente. Seguir la preparación del espécimen, para los suelos secos ó adición del agua en el suelo y el saturado de cada espécimen de prueba para obtener una distribución homogénea. Dejándolo saturar mínimo como 24 horas.

- Determinar el peso del molde y el plato base
- Ensamble y asegure el molde del collar al plato base
- Dividir la muestra en cinco porciones de igual cantidad
- Colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes
- Compactar el espécimen en cinco capas.
- Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor.
- Después de la última capa se retira el collarín y se enrasa con la regla metálica, a través de la parte superior del molde para formar una superficie plana.
- Se toma los pesos del molde más el suelo compactado.
- Se retira el total de la muestra y se extraen dos muestras representativas para determinar el contenido de humedad.
- se repiten las operaciones anteriores con cada una de las fracciones del suelo ,realizando como mínimo 5 determinaciones

Cálculos

El resultado del ensayo se expresa en porcentaje, calculándose los datos obtenidos después de realizado el ensayo con los siguiente.

- Peso de la tara o recipiente = pt
- Peso de la tara mas muestra de suelo húmedo = pw
- Peso de la tara con la muestra de suelo seco. = ps
- Peso del molde con la muestra de suelo húmedo. = ps

Los cálculos son los siguientes:

Calculo de masa inicial de suelo húmedo

$$Msh = Pt - Pw$$

Calculo de masa de suelo seco

$$Mss = Ps - Pt$$

Calculo de contenido de humedad w%

$$\% W = \left[\frac{Msh - Mss}{Mss} \right] \times 10$$

Calculo de Densidad humedad y h

$$\gamma_h = \frac{W_{mh}}{V_m}$$

Calculo de Densidad Seca y d

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \left(\frac{W\%}{100} \right)}$$

Calculo de grafico se toma dos reglones de la siguiente forma:

- En el eje de las abscisas se indican los contenidos de agua (W%).
- En el eje de las ordenadas los pesos volumétricos (γ_d)

En el grafico se marcan cada punto correspondiente a cada determinación y se traza una curva del tipo parabólica por ellos. En el punto más alto de la

parábola, con la horizontal se obtiene la máxima densidad seca (γ_d max). y con la vertical se obtiene el contenido de humedad óptimo (CHO).

Incluir en el gráfico la curva paramétrica de saturación de cero vacíos correspondiente al 100% de saturación para la densidad de las partículas sólidas del suelo ensayado, gravedad específica (G_s).

Cálculo de la curva de relación de cero vacíos γ_d

$$\gamma_d = \frac{G_s \times Y_m}{1 + W\% \times G_s}$$

Sugerencias

Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

3.1.5.6. ENSAYO DE CBR CALIFORNIA BEARING RATIO NORMAS: ASTM D-1883 y AASHTO T- 193

Este ensayo se realizó para los suelos de la forma tradicional en el laboratorio donde se procedió sin sumergir la muestra así se podrá manifestar dichas características.

Importancia

Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). De suelos y agregados compactados en laboratorio con una humedad óptima y suelos de compactación variables. Es un método desarrollado por la división de carreteras del Estado de California (EE.UU.) y sirve para evaluar la calidad de suelo para sub rasante, sub-base y base de pavimentos.

Objetivo

El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este índice se utiliza para evaluar la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte.

El porcentaje de CBR, está definido como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre a una profundidad determinada, expresada en porcentaje de fuerza necesaria para que el pistón penetre a esa misma profundidad y con igual velocidad.

Equipos de laboratorio

1. Prensa.- aparato similar para medir la expansión compuesto por una placa metálica provista de un vástago ajustable de metal con perforación de diámetro menor igual a 1.6mm.
2. Molde, de metal, cilíndrico, de $152,4\text{ mm} \pm 0.66\text{ mm}$ (6 ± 0.026 ") de diámetro interior y de $177,8 \pm 0.46\text{ mm}$ (7 ± 0.018 ") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm ($3/8$ ") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm ($28\ 1/16$ ") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro.
3. Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm ($5\ 15/16$ ") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127\text{ mm}$ ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
4. Pistón de penetración.- metálico de sección transversal circular, de $49.63 \pm 0,13\text{ mm}$ ($1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de 19.35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4")

5. Diales.- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
6. Papel filtro.- del diámetro del molde.
7. Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1g y 0.1g, respectivamente.

CAPITULO IV

PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Para poder hacer un análisis más detallado y acertado de los resultados obtenidos en laboratorio en este trabajo, se sacó los resultados a continuación se muestran de acuerdo a los objetivos propuestos en este trabajo de investigación.

4.1. Toma de muestras representativas

Para determinar las propiedades mecánicas del suelo se han realizado calicatas en diferentes puntos de la vía (Av. circunvalación), las calicatas se han realizado en el margen izquierdo de la avenida circunvalación, las calicatas se han realizado en las progresivas: 0+040, 0+180, 0+360, 0+600, 0+950, 1+120, 1+400, en el cuadro siguiente se muestra los detalles y los puntos de toma de muestras de acuerdo a protocolos de la norma técnica Peruana y demás normas estandarizadas para el presente estudio, el perfil estratigráfico de las diferentes calicatas tomadas se muestran en los anexos.

Figura IV.1.
Calicatas realizadas en campo – toma de muestras



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV.1.
Características de la toma de muestras en la vía

UBICACIÓN	PROGRESIVA	CALICATA N°	ESTRATO	PROF. (m)	ESPESOR (m)
AV. CIRCUNVALACIÓN - CARRIL IZQUIERDO	0+040	C-1	E-1	0.40	0.40
			E-2	0.70	0.30
			E-3	1.60	0.90
	0+180	C-2	E-1	0.40	0.40
			E-2	0.70	0.30
			E-3	1.70	1.00
	0+360	C-3	E-1	0.40	0.40
			E-2	0.80	0.40
			E-3	2.00	1.20
	0+600	C-4	E-1	0.40	0.40
			E-2	0.70	0.30
			E-3	1.80	1.10
	0+950	C-5	E-1	0.40	0.40
			E-2	0.70	0.30
			E-3	1.50	0.80
	1+120	C-6	E-1	0.40	0.40
			E-2	0.80	0.40
			E-3	1.60	0.80
1+400	C-7	E-1	0.40	0.40	
		E-2	0.80	0.40	
		E-3	1.60	0.80	

Fuente: Elaboración propia

4.2. Análisis de las propiedades mecánicas en la base y sub base del terraplén.

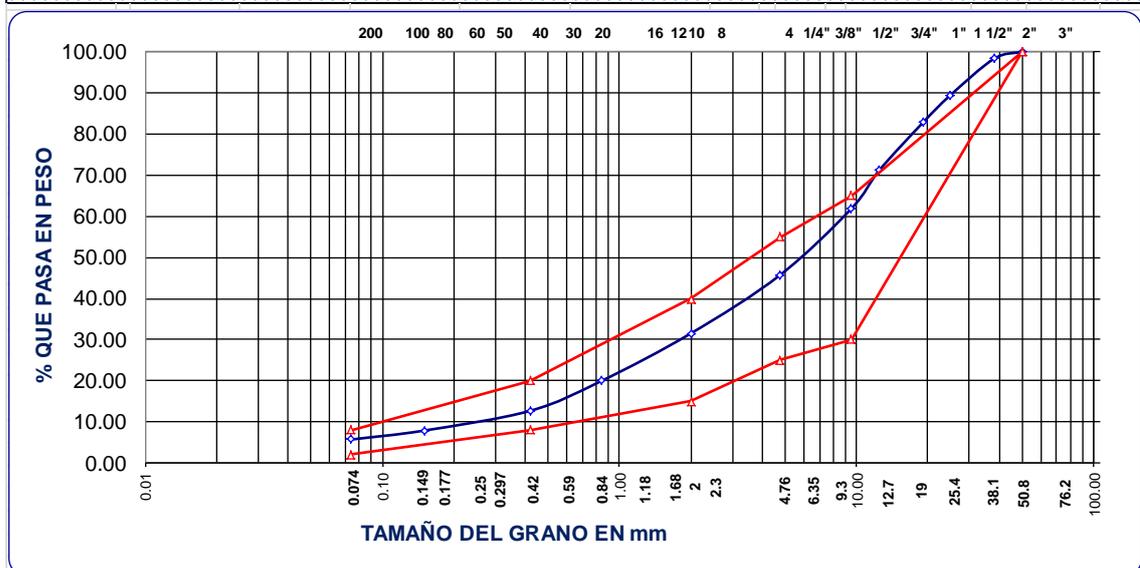
Calicata 1. Análisis granulométrico por tamizado

Para el ensayo se ha tenido una muestra de 6851 gramos, la fracción menor fue de 780 gramos, la grava representa el 54.30 %, la arena representa el 39.96 %, los finos representan 5.74 %, y W natural representa el 8.34 %, a continuación se muestra los datos en la siguiente tabla.

Tabla IV.2.
Análisis Granulométrico por tamizado

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial : 6851 Grs
2 1/2"	63.000						Fracción < N°4 : 780 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 54.30 %
1 1/2"	38.100	114.00	1.70	1.70	98.30		Arena : 39.96 %
1"	25.000	604.00	8.80	10.50	89.50		Fino : 5.74 %
3/4"	19.100	458.00	6.70	17.20	82.80		W natural : 8.34 %
1/2"	12.500	792.00	11.60	28.80	71.20		
3/8"	9.500	641.00	9.40	38.20	61.80	30 - 65	<u>LIMITES DE CONSISTENCIA</u>
No.04	4.760	1,106.00	16.10	54.30	45.70	25 - 55	Límite Líquido : 24.75 %
No.10	2.000	242.00	14.18	68.48	31.52	15 - 40	Límite Plástico : 19.80 %
No.20	0.840	197.00	11.54	80.02	19.98		Índice Plástico : 4.94 %
No.40	0.420	124.00	7.27	87.29	12.71	8 - 20	
No.100	0.150	82.00	4.80	92.09	7.91		<u>CLASIFICACIÓN DEL SUELO</u>
No.200	0.074	37.00	2.17	94.26	5.74	2 - 8	S.U.C.S. : GP-GC
<No.200		98.00	5.74	100.0			A.A.S.H.T.O. : A-1-a (0)

REPRESENTACIÓN GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Fuente: Elaboración propia

Calicata 1. Contenido de humedad

La humedad promedio en la calicata 1 es de 8.34 tal como se muestra en la siguiente tabla:

Tabla IV.3.
Contenido de humedad

METODO SECADO AL HORNO					
RECIPIENTE N°			A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE			354.00	476.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE			327.00	439.00	
PESO RECIPIENTE			0.00	0.00	
PESO DE AGUA			27.00	37.00	
PESO DE SUELO SECO			327.00	439.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			8.26	8.43	
HUMEDAD PROMEDIO (%)				8.34	

Fuente: Elaboración propia

Calicata 1. Límites de Consistencia

Para la calicata 1 el LL es 24.75, Limite liquido 19.80 % y Limite plástico es 4.94 %

Tabla IV.4.
Límites de Consistencia

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
01. No.DE GOLPES	34	25	16				
02. TARRO No.	12	7	4		9T	11T	
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	30.14	30.32	29.69		11.92	10.66	
04. SUELO SECO * TARRO g	26.51	26.55	25.77		10.65	9.59	
05. PESO DEL AGUA g	3.63	3.77	3.92		1.27	1.07	
06. PESO DEL TARRO g	11.11	11.16	11.13		4.21	4.21	
07. PESO DEL SUELO SECO g	15.40	15.39	14.64		6.44	5.38	
08. HUMEDAD %	23.57	24.50	26.78		19.72	19.89	
L.L.=	24.75 %	L.P.=	19.80 %	I.P.=	4.94 %		

Fuente: Elaboración propia

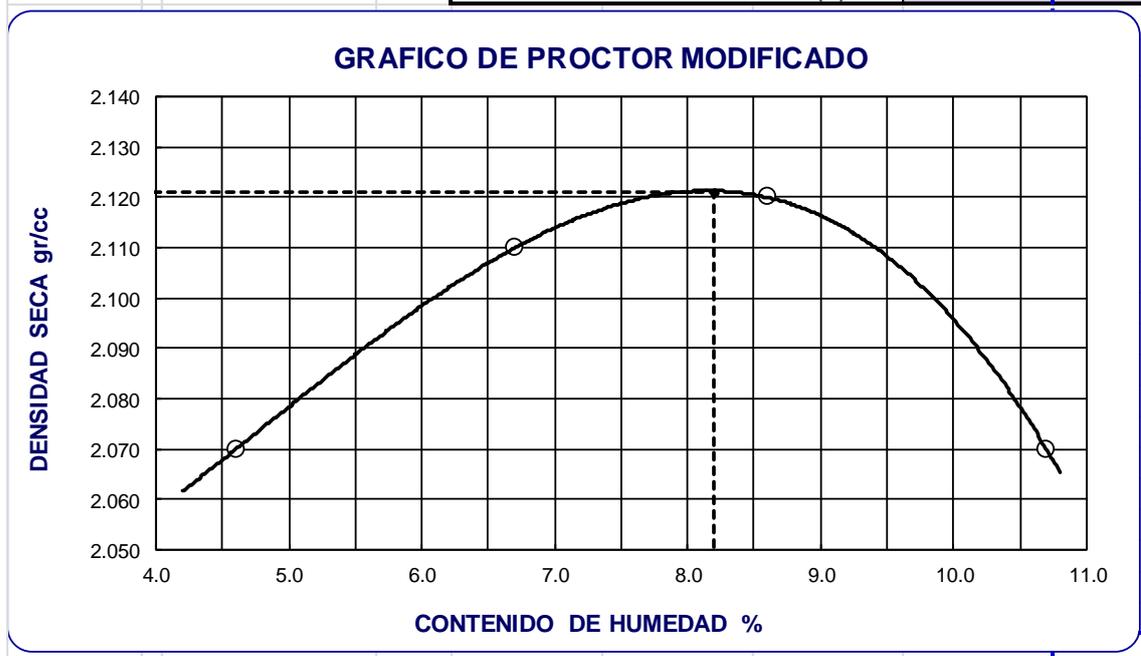
Calicata 1. Proctor modificado

Para realizar este ensayo se ha realizado 4 veces, en número de capas de 5 y con golpes de pisón primero 56, segundo a 56, tercero a 56 y cuarto a 56, en la siguiente figurase muestra los resultados de la calicata

1

Tabla IV.5.
Proctor modificado

ENSAYO N°		1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	Grs	10,520	10,711	10,824	10,790
PESO MOLDE	Grs	5,980	5,980	5,980	5,980
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	4,540	4,731	4,844	4,810
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2,104.9	2,104.9	2,104.9	2,104.9
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	2.16	2.25	2.30	2.29
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	432.00	288.00	379.00	353.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	413.00	270.00	349.00	319.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	19.00	18.00	30.00	34.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	413.00	270.00	349.00	319.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	4.60	6.70	8.60	10.70
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	2.07	2.11	2.12	2.07
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)					2.121
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)					8.20



Fuente: Elaboración propia

Calicata 1. Valor relativo de soporte CBR

Para este análisis se ha realizado en 03 moldes , en capas de 5, los golpes efectuados en cada molde son las siguientes, en el primero 56 golpes, en el segundo 25 golpes y en el tercero 12 golpes, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.6.
Valor relativo de soporte CBR

Molde N°		1	2	3	
Capa N°		5	5	5	
Golpes por capa N°		56	25	12	
Condición de la muestra		SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.	11885	11821	11610	
Peso del molde	gr.	7073	7185	7213	
Peso del suelo humedo	gr.	4812	4636	4397	
Volúmen del molde	cc.	2105	2105	2105	
Densidad Humeda	gr./cc	2.29	2.2	2.09	
Humedad	%	8.20	8.30	8.10	
Densidad seca	gr./cc	2.12	2.03	1.93	
Tarro N°		1	2	3	
Tarro suelo humedo	gr.	356	378	428	
Tarro suelo seco	gr.	329	349	396	
Agua	gr.	27	29	32	
Peso del Tarro	gr.	0	0	0	
Peso del suelo seco	gr.	329	349	396	
Humedad	%	8.2	8.3	8.1	
Promedio de la humedad	%				

ENSAYO EXPANSION

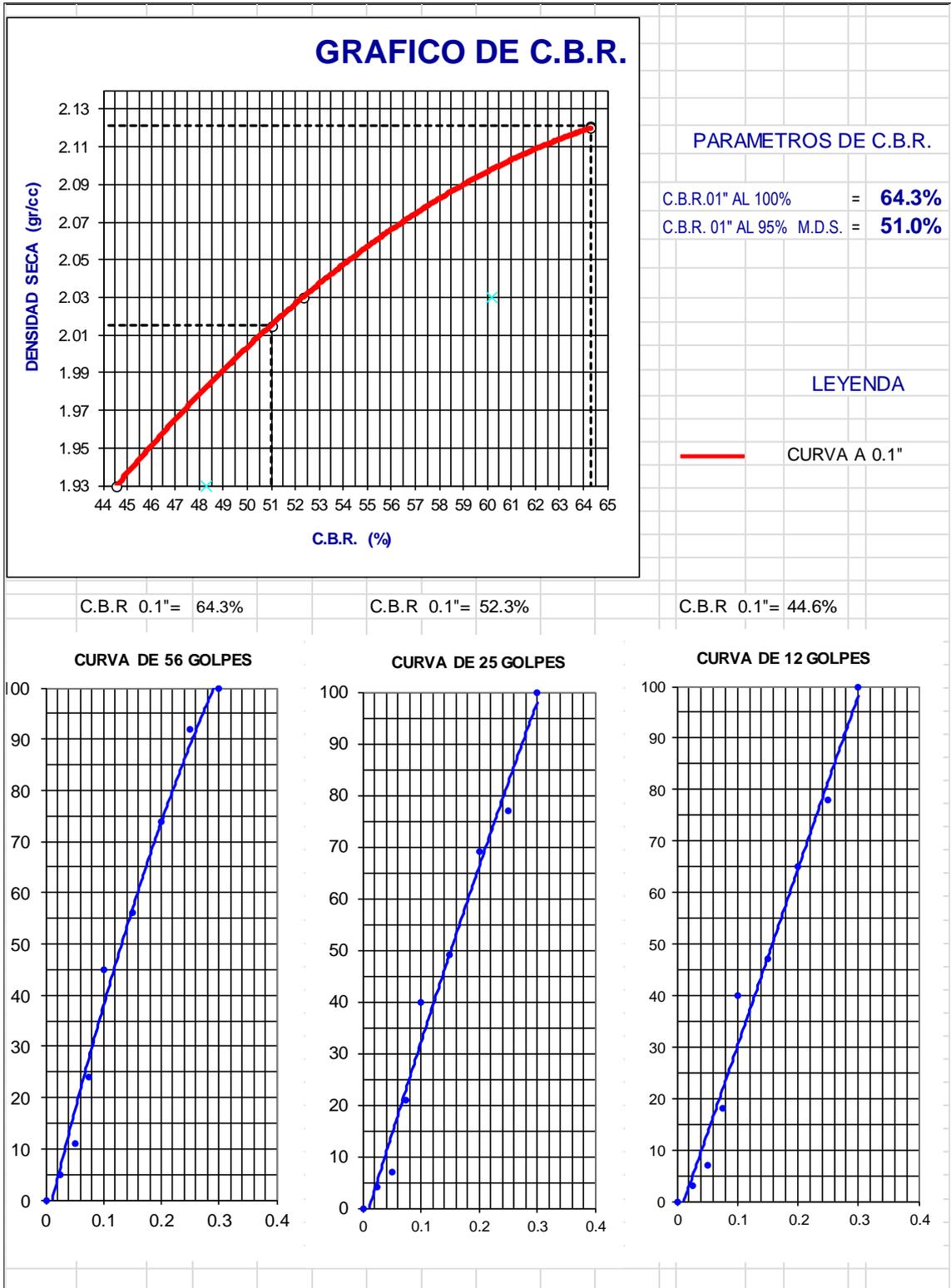
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	15	194	65	10	144	48	7	114	38
1.00	1.300	0.50	44	485	162	25	294	98	19	234	78
1.30	1.900	0.075	98	1026	342	79	836	279	56	605	202
2.00	2.500	0.100	187	1919	640	154	1588	529	130	1347	449
3.00	3.800	0.150	234	2391	797	188	1929	643	154	1588	529
4.00	5.000	0.200	312	3173	1058	266	2712	904	211	2160	720
5.00	6.000	0.250	387	3925	1308	298	3033	1011	254	2591	864
6.00	7.500	0.300	423	4286	1429	387	3925	1308	329	3343	1114
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.2.
 Grafico Valor relativo de soporte CBR



Fuente: Elaboración propia

CALICATA N°	ESTRATO	PROF. (m)	ESPESOR (m)	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	ÍNDICE DE PLAST. (%)	CLASIFICACIÓN		PROCTOR		C.B.R.	
							SUCS	AASHTO	MDS (gr/cc)	O.C.H. %	95%	100%
C-1	E-1	0.40	0.40	8.34	24.75	4.94	GP-GC	A-1-a (0)	2.12	8.20	51.00	64.30
C-2	E-1	0.40	0.40	8.39	24.02	4.79	GP-GC	A-1-a(0)	2.12	8.20	50.0	59.0
C-4	E-1	0.40	0.40	8.33	23.98	4.99	GP-GC	A-1-a (0)	2.13	7.80	61.20	67.30

Tabla IV.7

Resumen de los valores en base y sub base

Fuente: Elaboración propia

Los trabajos de campo se realizaron a cielo abierto. Debido a la uniformidad de los materiales se excavaron para el análisis de la base y sub base (03) calicatas de 0.40 m. de profundidad. La finalidad de estas labores fue de investigar el comportamiento de dicha estructura.

La clasificación de los suelos según el método AASHTO muestra que el resultado obtenido a través de ensayos corresponde a un suelo bueno, que comprende materiales formados predominantemente por piedra o grava, y con ligante mal graduado. La clasificación de los suelos según el método S.U.C.S. corresponde a un suelo GP Menos de 5% pasa la malla N° 200; y GC Más del 12% pasa malla N° 200, Se puede deducir que el suelo en la sub base y base son gravas mal graduadas por lo que se debe mejorar este suelo.

Comportamiento estructural del pavimento.

Estos coeficientes son dependientes del tipo de capa estructural y de sus características mecánicas:

El material de base y sub base se compone por mezcla de suelos de la vía en estudio, el cual fue evaluado llegando a los resultados del CBR en las tres muestras que tiene los siguientes valores, 64.30, 59.0 y 67.30%. Es necesario destacar que el valor considerado está por debajo del mínimo establecido por el MTC en las DG-2013 (80%) para vías de tránsito.

4.3. Análisis de las propiedades mecánicas en el terreno de fundación.

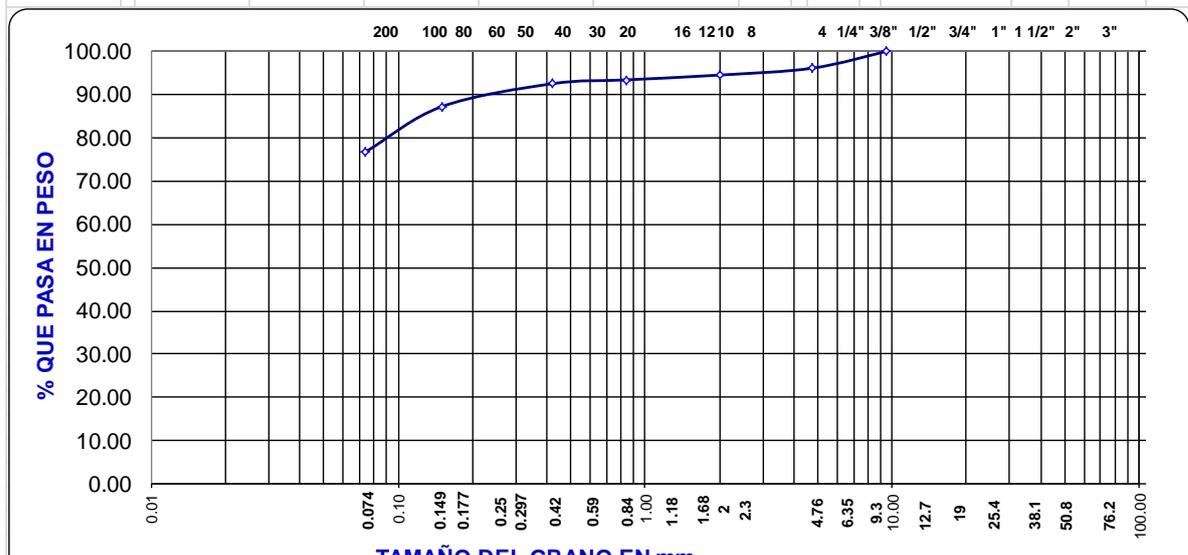
Calicata 1 análisis granulométrico por tamizado

Se ha tomado como muestra 913 gramos de los cuales 3.90 % corresponde a grava, 19.30 % a arena y 76.80 corresponde a fin, los resultados se muestran a continuación.

Tabla IV.8
Análisis granulométrico por tamizado

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial : 913 Grs
2 1/2"	63.000						Peso Fracción : 0 Grs
2"	50.000						Grava : 3.90 %
1 1/2"	38.100						Arena : 19.30 %
1"	25.000						Fino : 76.80 %
3/4"	19.100						W natural : 34.77 %
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00		<u>LIMITES DE CONSISTENCIA</u>
No.04	4.760	36.00	3.90	3.90	96.10		Límite Líquido : 39.42 %
No.10	2.000	15.00	1.60	5.50	94.50		Límite Plástico : 30.91 %
No.20	0.840	10.00	1.10	6.60	93.40		Índice Plástico : 8.51 %
No.40	0.420	8.00	0.90	7.50	92.50		
No.100	0.150	48.00	5.30	12.80	87.20		<u>CLASIFICACIÓN</u>
No.200	0.074	95.00	10.40	23.20	76.80		SUCS : ML
<No.200		737.00	76.80				AASHTO : A-4(8)

REPRESENTACIÓN GRAFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Fuente: Elaboración propia

Calicata 1. Contenido de humedad

La humedad promedio en la calicata 1 es de 34.77% tal como se muestra en la siguiente tabla

Tabla IV.9
Contenido de Humedad

METODO SECADO AL HORNO					
RECIPIENTE N°			A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE			431.00	325.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE			320.00	241.00	
PESO RECIPIENTE			0.00	0.00	
PESO DE AGUA			111.00	84.00	
PESO DE SUELO SECO			320.00	241.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			34.69	34.85	
HUMEDAD PROMEDIO (%)				34.77	

Fuente: Elaboración Propia

Calicata 1. Límites de consistencia

Para la calicata 1 el LL es 39.42, Limite liquido 30.91 % y Limite plástico es 8.51 %

Tabla IV.10
Límites de consistencia

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO		
01. No.DE GOLPES	36	25	16				
02. TARRO No.	4	5	6		2T	9T	
03. SUELO HUMEDO * TARRO g	27.36	28.74	25.51		8.76	8.03	
04. SUELO SECO * TARRO g	22.87	23.70	21.36		7.69	7.12	
05. PESO DEL AGUA g	4.49	5.04	4.15		1.07	0.91	
06. PESO DEL TARRO g	11.18	11.00	11.08		4.20	4.20	
07. PESO DEL SUELO SECO g	11.69	12.70	10.28		3.49	2.92	
08. HUMEDAD %	38.41	39.69	40.37		30.66	31.16	
L.L.=	39.42 %	L.P.=	30.91 %		I.P.=	8.51 %	

Fuente: Elaboración propia

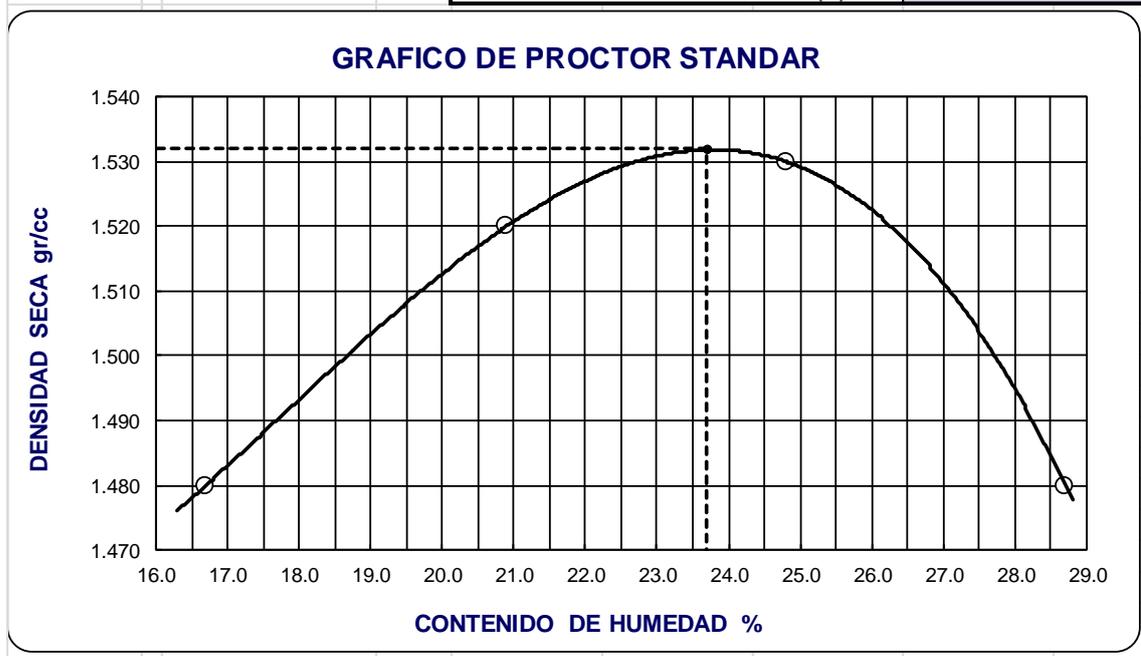
Calicata 1. Proctor modificado

Para realizar este ensayo se ha realizado 4 veces en número de capas de 5 y con golpes de pisón primero 56, segundo a 56, tercero a 56 y cuarto a 56, en la siguiente figurase muestra los resultados de la calicata

1

Tabla IV.11
Proctor modificado

ENSAYO N°		1	2	3	4	
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5	
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56	
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD						
PESO MOLDE+SUELO	Grs	5,763	5,863	5,931	5,929	
PESO MOLDE	Grs	4,156	4,156	4,156	4,156	
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	1,607	1,707	1,775	1,773	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	929.4	929.4	929.4	929.4	
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.73	1.84	1.91	1.91	
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	321.00	272.00	282.00	224.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	275.00	225.00	226.00	174.00	
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	Grs	46.00	47.00	56.00	50.00	
PESO DE SUELO SECO	Grs	275.00	225.00	226.00	174.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	16.70	20.90	24.80	28.70	
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.48	1.52	1.53	1.48	
					MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.532
					CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	23.70



Fuente: Elaboración propia

Calicata 1. Valor relativo de soporte CBR

Para este análisis se ha realizado en 03 moldes, en capas de 5, los golpes efectuados en cada molde son las siguientes, en el primero 56 golpes, en el segundo 25 golpes y en el tercero 12 golpes, los resultados se muestran en la siguiente tabla.

Tabla IV.12
Valor relativo de soporte CBR

Molde N°			1		2		3	
Capa N°			5		5		5	
Golpes por capa N°			56		25		12	
Condición de la muestra			SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr.		11060		10898		10700	
Peso del molde	gr.		7073		7185		7213	
Peso del suelo húmedo	gr.		3987		3713		3487	
Volúmen del molde	cc.		2104.9		2104.9		2104.9	
Densidad Humeda	gr./cc		1.89		1.76		1.66	
Humedad	%		23.70		23.70		23.80	
Densidad seca	gr./cc		1.53		1.42		1.34	
Tarro N°			1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr.		334		433		343	
Tarro suelo seco	gr.		270		350		277	
Agua	gr.		64		83		66	
Peso del Tarro	gr.		0		0		0	
Peso del suelo seco	gr.		270		350		277	
Humedad	%		23.7		23.7		23.8	
Promedio de la humedad	%							

ENSAYO EXPANSION

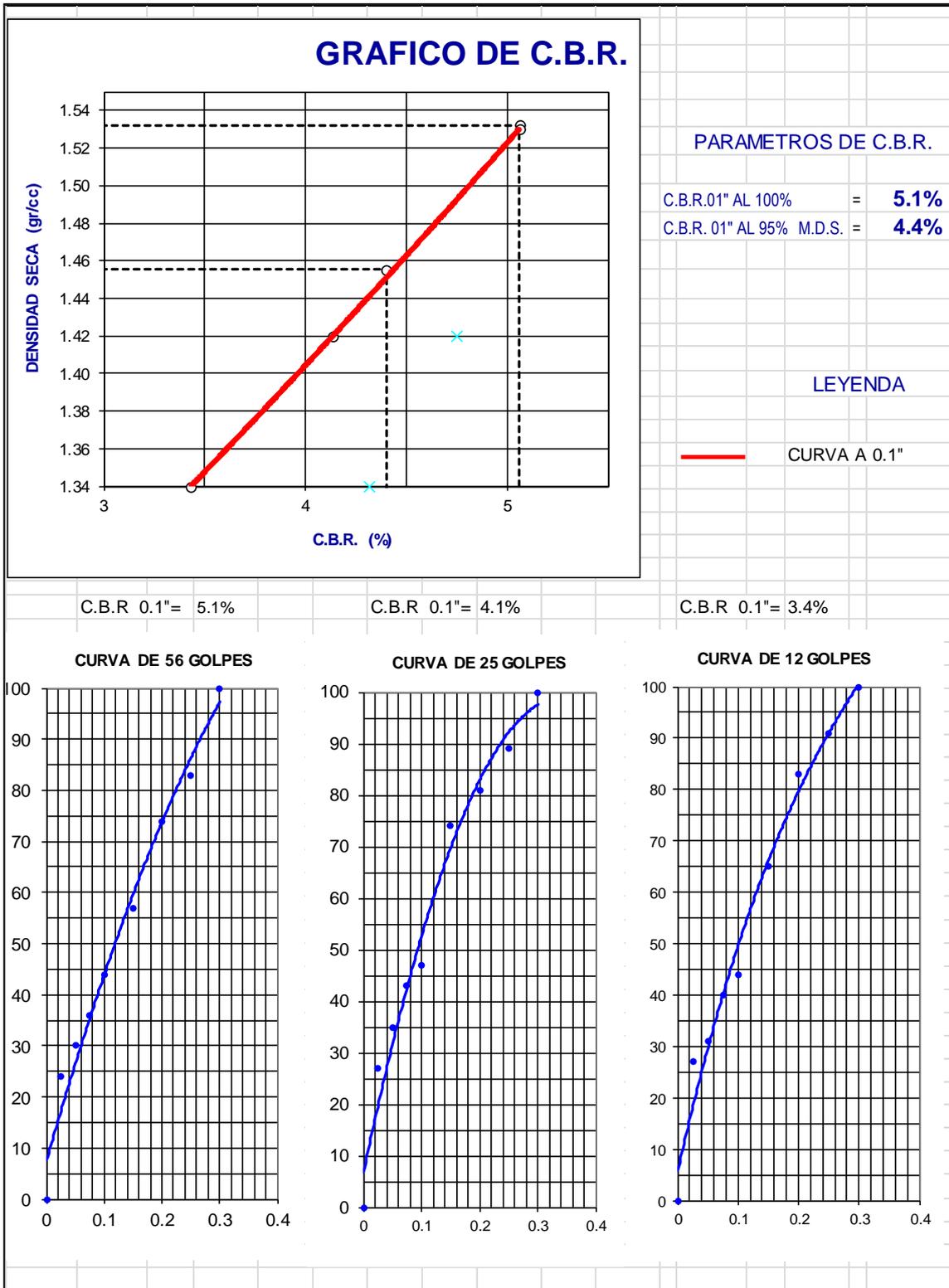
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
9-12-15	15.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-12-15	15.44	24	110	1.1	0.869	145	1.45	1.146	159	1.59	1.256
11-12-15	15.44	48	198	1.98	1.564	210	2.1	1.659	210	2.1	1.659
12-12-15	15.44	72	215	2.15	0.830	226	2.26	0.640	234	2.34	0.593
13-12-15	15.44	96	227	2.27	0.229	235	2.35	0.198	287	2.87	0.608

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	4	83	28	3	73	24	2	63	21
1.00	1.300	0.50	6	103	34	5	93	31	3	73	24
1.30	1.900	0.075	8	124	41	7	114	38	5	93	31
2.00	2.500	0.100	11	154	51	8	124	41	6	103	34
3.00	3.800	0.150	15	194	65	15	194	65	11	154	51
4.00	5.000	0.200	21	254	85	17	214	71	15	194	65
5.00	6.000	0.250	24	284	95	19	234	78	17	214	71
6.00	7.500	0.300	30	344	115	22	264	88	19	234	78
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

Fuente: Elaboración propia

Figura IV.3
Grafico Valor relativo de soporte CBR



Fuente: Elaboración propia

Tabla IV.13.
Resumen de los valores en terreno de fundación

CALICATA N°	ESTRATO	PROF. (m)	HUMEDAD NATURAL (%)	LÍMITE LÍQUIDO (%)	ÍNDICE DE PLAST. (%)	CLASIFICACIÓN		PROCTOR		C.B.R.	
						SUCS	AASHTO	MDS (gr/cc)	O.C.H. %	95%	100%
C-1	E-3	1.60	33.77	39.42	8.51	ML	A-4(8)	1.53	23.70	4.40	5.10
C-2	E-3	1.70	33.33	45.61	11.01	ML	A-7-5(10)	1.55	23.90	4.80	5.50
C-3	E-3	2.00	35.53	37.02	8.32	ML	A-4(8)	1.56	23.20	5.10	5.80
C-4	E-3	1.80	28.02	65.58	22.08	MH	A-7-5(17)	1.48	30.80	4.20	4.80
C-5	E-3	1.50	10.95	N.P.	N.P.	SP	A-1-b(0)	1.81	10.90	10.00	15.80
C-6	E-3	1.60	31.90	37.80	10.08	ML	A-4(8)	1.61	21.50		
C-7	E-3	1.60	8.99	N.P.	N.P.	SP	A-1-b(0)	1.82	10.20	11.50	16.20

Fuente: Elaboración propia.

Los trabajos de campo se realizaron a cielo abierto. Debido a la uniformidad de los materiales se excavaron para el análisis del terreno de fundación (07) calicatas de 1.50 m hasta 2.0 m. de profundidad. La finalidad de estas labores fue de investigar el comportamiento de dicho suelo.

La clasificación de los suelos según el método AASHTO muestra que el resultado obtenido a través de ensayos corresponde a un suelo malo, que comprende materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos. La clasificación de los suelos según el método S.U.C.S. corresponde a un suelo ML Inorgánico; $LL < 50$; $PI > 4$, Se puede deducir que el suelo en el terreno de fundación es malo de acuerdo a los resultados obtenidos en las 7 calicatas por lo que se debe mejorar este suelo.

Comportamiento del terreno de fundación

El material de terreno de fundación se compone por mezcla de suelos entre limos y arcillas, el cual fue evaluado llegando a los resultados del CBR en las siete muestras que tiene los siguientes valores, 5.10, 5.50, 5.80, 4.80, 15.80,

16.20%. por lo que se debe mejorar la resistencia del suelo.

CONCLUSIONES

Tras haber desarrollado la evaluación de suelos de la vía objeto de estudio podemos llegar a las siguientes conclusiones:

Primero: Efectuado los ensayos de suelos en laboratorio, dentro de ellos, análisis granulométrico, límites de consistencia, clasificación de suelos, proctor modificado; y ensayos CBR, nos proporciona valores inferiores de los requerimientos técnicos de la norma Peruana, además nos encontramos frente a suelos mal gradados.

Segundo: la base y sub base de la estructura del pavimento presenta un suelo bueno, que comprende materiales formados predominantemente por piedra o grava, y con ligante mal graduado, según ensayos de compactación los resultados del CBR en las tres muestras que tiene los siguientes valores, 64.30, 59.0 y 67.30%. Es necesario destacar que el valor considerado está por debajo del mínimo establecido por el MTC en las DG-2013 (80%) para vías de tránsito.

Tercero: el terreno de fundación según el método AASHTO muestra que el resultado obtenido a través de ensayos corresponde a un suelo malo, que comprende materiales cuyos índices de plasticidad no son muy altos con respecto a sus límites líquidos, El material de terreno de fundación se compone por mezcla de suelos entre limos y arcillas, el cual tiene resultados del CBR 5.10, 5.50, 5.80, 4.80, 15.80 y 16.20%. Por lo que se debe mejorar la resistencia del suelo.

RECOMENDACIONES

A continuación se proporcionan algunas recomendaciones que podrían ser tomadas en cuenta:

Primero: Aumentar el número de especímenes a ensayar para tener datos más próximos al óptimo deseado.

Segundo: Realizar este estudio para la formación de base o sub-base en una vía que se estén ejecutando para ver los resultados experimentales de laboratorio y comparar los resultados en condiciones más prácticas.

Tercero: El suelo es un material que presenta gran cantidad variables, las cuales hacen de éste un material muy complejo. El estudio que se llevó a cabo en el presente es bastante limitado debido a que está enfocado en ensayos específicas, por lo tanto es recomendable considerar ensayos con otras características.

BIBLIOGRAFÍA

- AASHTO "Guide for Design of Pavement Structures". AASHTO, Washington, D.C. 1993.
- AASHTO, 1993. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures 1993. Washington, D.C.: AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).
- Asociación Peruana de Caminos. "I Congreso Nacional del Asfaltó" APC, Lima 1997.
- Asociación Peruana de Caminos. "II Congreso Nacional del Asfalto" APC, Lima 1998.
- Asociación Peruana de Caminos. "III Congreso Nacional del Asfalto" APC, Lima 1999.
- Asociación Peruana de Caminos. "IV Congreso Nacional del Asfalto" APC, Lima 2000.
- Asociación Peruana de Caminos. "V Congreso Nacional del Asfalto" APC, Lima 2002.
- .Asphalt Institute "Thickness Design Asphalt Pavements for Highway and Street". MS-1, AI-1991.
- BARBETO Th., R., (2005). Estudio de suelos del estado de Río de Janeiro para aplicación en carreteras de bajo volumen de tránsito. Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Civil. Brazil, Universidad Federal de Río de Janeiro, 174p.
- Céspedes A., J. (2002). Los Pavimentos en las vías Terrestres, Calles, Carreteras y Aeropistas. Cajamarca-Perú: UNC.

- CRESPO V., C., "Vías de comunicación: Caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos", Limusa, 2004.
- CHOWDHURY A. Y BUTTON, J. W., 2008, "A Review of Warm Mix Asphalt", Technical Report: September 2005 – December 2008, Texas Transportation Institute.
- EG-2000-MTC, "Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de - Carreteras", MTC-Perú, 2000.
- GARNICA A., P., GÓMEZ L., J. A. y SESMA M., J. A., (2002). Mecánica de materiales para pavimentos, Instituto mexicano del Transporte (IMT), publicación Técnica no. 197, Safandila, Qro, México.
- MS-19 "A BASIC ASPHALT EMULSION MANUAL", Manual Series - 19, Asphalt Institute.
- MS-14 ASPHALT COLD-MIX MANUAL, 1997, Third Edition, Manual Series - 14, Asphalt Institute. Manual de la construcción ICG
- Minaya G., S. - Ordoñez H., A. (2006). Diseño Moderno de Pavimentos Asfálticos. Lima - Perú: UNI-FIC-II.
- Montejo F., A. (2006). Ingeniería de Pavimentos. Bogotá, D.C.: Universidad Católica de Colombia, Ediciones y publicaciones.
- Supo P., Wilfredo D. (2013). Diseño de Pavimentos, Apuntes del curso, CAPIC-FICP-UANCV.
- PEREIRA V.V., (2007), Estudio de tres suelos estabilizados con emulsión asfáltica, Tesis para optar el grado de Maestro en Ciencias en Ingeniería Civil. Brazil, Universidad Federal de Río de Janeiro, 182p.

R. E. Bisso "Los Asfaltos, Tecnología y Aplicaciones", Peto Perú, 1998. SOUTO M., H. y BARBOSA S., J., (2005). Comparación del comportamiento mecánico de mezclas asfálticas en frío con diferentes contenidos de fresado incorporado, Laboratorio de mecánica de los pavimentos, Departamento de Engenharia de Transportes, Universidade Federal do Ceará. 12p.

Timoshenko y Goodier. "Teoría de la Elasticidad". Urmo, 1968.

Yang H. Huang. "Pavement Analysis and Design", Prentice Hall, 1993. Wright, "Ingeniería de Carreteras", Limusa, 1999.

ANEXOS

Anexo 1

MATRIZ DE CONSISTENCIA

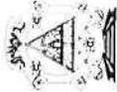
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL SUELO EN EL COMPORTAMIENTO DEL PAVIMENTO DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN DE LA CIUDAD DE JULIACA

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>Problema general: ¿Cómo es el comportamiento del pavimento, determinado mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p> <p>Problema específico: ¿Cómo es el terreno de fundación, determinado mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p> <p>¿Cómo es la sub base y base, obtenido mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Objetivo general: Determinar el comportamiento del pavimento, mediante ensayos de las propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p> <p>Objetivo específico: Determinar el comportamiento del terreno de fundación, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p> <p>Obtener el comportamiento de la sub base y base, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>Hipótesis general: El comportamiento del pavimento, determinado mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo es deficiente en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p> <p>Hipótesis específica: El comportamiento del terreno de fundación, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo, es deficiente en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p> <p>El comportamiento de la sub base y base, mediante ensayos de propiedades físico mecánicas del suelo, es deficiente en la Av. Circunvalación de la ciudad de Juliaca?</p>	<p>VARIABLE DEPENDIENTE (y) Comportamiento del pavimento</p>	<p>Plataforma existente</p>	<p>Sub base</p> <p>Terreno de fundación</p> <p>Saturación y nivel freático</p>	<p>TIPO: Cuantitativa, aplicado.</p> <p>NIVEL: Explicativo, analítico</p> <p>DISEÑO: Explicativo</p> <p>MÉTODO: Deductivo-inductivo</p> <p>POBLACIÓN: Av. Circunvalación</p> <p>MUESTRA: Tramo (Av. Independencia - Av. Huancané)</p> <p>TÉCNICAS: Ensayos Observación</p> <p>INSTRUMENTOS: Certificaciones Ensayos de laboratorio</p> <p>PROCEDIMIENTOS: ANOVA</p>
			<p>VARIABLE INDEPENDIENTE (x) Propiedades físico mecánicas del suelo</p>	<p>Terreno de fundación</p>	<p>– Granulometría</p> <p>– Contenido de humedad</p> <p>– Límites de consistencia</p> <p>– Proctor modificado</p> <p>– Valor relativo de soporte (CBR)</p>	
				<p>Sub base y base</p>	<p>– Granulometría</p> <p>– Contenido de humedad</p> <p>– Límites de consistencia</p> <p>– Proctor modificado</p> <p>– Valor relativo de soporte (CBR)</p>	

Anexo 2

ENSAYOS DE LABORATORIO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN-JULIACA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
ANÁLISIS DE SUELOS

PROYECTO: MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO
TRAMO: PROC. 0+000 AL 1+450

MUESTRA: PLATAFORMA EXISTENTE - TERRENO DE FUNDACIÓN

UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQUIERDO

ING° RESP : CALIXTO VILCA MAMANI

TÉCNICO : PERSONAL DE LABORATORIO

FECHA : 18/12/2015

UBICACIÓN	PROGRESIV	CALICATA N°	ESTRATO	PROF. (m)	ESPESOR (m)	LÍMITE LIQUIDO (%)										HUMEDAD NATURAL (%)	ÍNDICE DE PLAST. (%)	CLASIFICACIÓN		PROCTOR		C.B.R.					
						2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200			SUCS	AASHTO	MDS (gr/cc)	O.C.H. %	95%	100%				
0+040		C-1	E-1	0.40	0.40	100.0	98.30	89.50	82.80	71.20	61.80	45.70	31.54	12.75	5.74	8.34	24.75	4.94	GP-GC	A-1-a(0)	2.12	8.20	51.00	84.30			
			E-2	0.70	0.30																						
			E-3	1.60	0.90	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	96.1	94.5	92.5	76.8	33.77	39.42	8.51	ML	A-4(8)	1.53	23.70	4.40	5.10		
0+180		C-2	E-1	0.40	0.40	100.0	97.60	87.30	80.20	69.60	61.40	45.80	30.87	13.39	5.42	8.35	24.02	4.79	GP-GC	A-1-a(0)							
			E-2	0.70	0.30																						
			E-3	1.70	1.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	99.5	99.1	85.1	33.33	45.61	11.01	ML	A-7-6(10)	1.55	23.90	4.80	5.50		
0+360		C-3	E-1	0.40	0.40																						
			E-2	0.80	0.40																						
			E-3	2.00	1.20	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.9	98.6	97.5	77.0	35.53	37.02	8.32	ML	A-4(8)	1.56	23.20	5.10	5.80		
0+500		C-4	E-1	0.40	0.40	100.0	97.80	89.70	82.50	71.30	61.30	46.40	30.07	13.47	6.19	8.33	23.98	4.89	GP-GC	A-1-a(0)	2.13	7.80	61.20	67.30			
			E-2	0.70	0.30																						
			E-3	1.80	1.10	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.7	99.5	97.7	85.0	28.02	65.58	22.08	MH	A-7-5(17)	1.48	30.80	4.20	4.80		
0+950		C-5	E-1	0.40	0.40																						
			E-2	0.70	0.30																						
			E-3	1.50	0.80	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.3	94.2	77.4	25.0	3.3	10.85	N.P	N.P	SP	A-1-b(0)	1.81	10.90	10.00	15.80		
1+120		C-6	E-1	0.40	0.40																						
			E-2	0.80	0.40																						
			E-3	1.60	0.80	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.0	96.3	79.0	31.50	37.80	10.08	ML	A-4(8)	1.61	21.50				
1+400		C-7	E-1	0.40	0.40																						
			E-2	0.80	0.40																						
			E-3	1.60	0.80	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	99.6	95.5	80.6	26.2	4.4	8.99	N.P	N.P	SP	A-1-b(0)	1.82	10.20	11.50	16.20		

AV CIRCUNVALACIÓN - CARRIL IZQUIERDO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA
Ing. Calixto Vilca Mamani
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA-CONCRETOS-PAVIMENTOS
Oscar Tamayo Benique
BACH. ING. GEOLOGA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANE) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

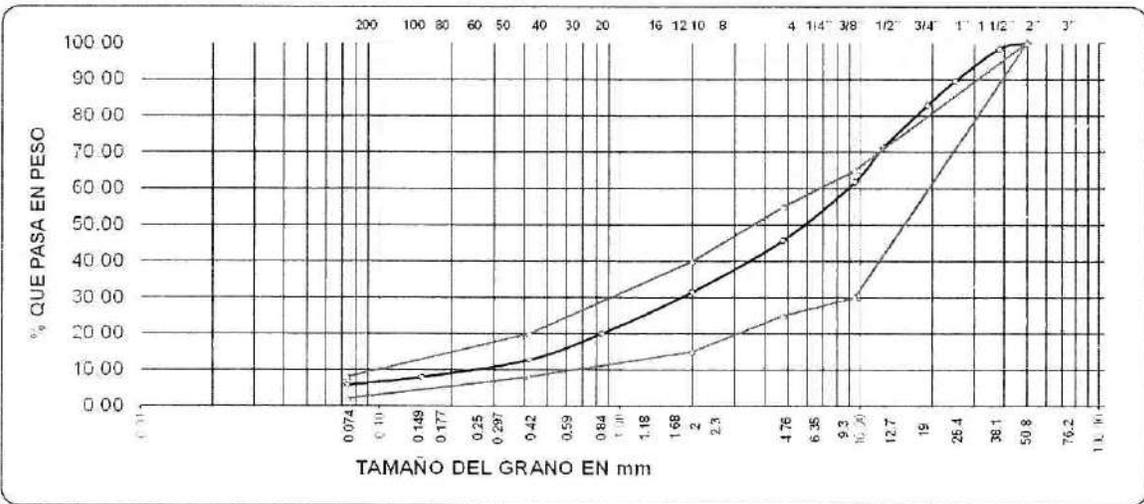
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-01 ESTRATO I PROG 0+040 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACION: AV. CIRCUNVALACION CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76 200						Peso Inicial 6851 Grs
2 1/2"	63 000						Peso Fracción 780 Grs
2"	50 000				100 00	100 - 100	Grava 54 30 %
1 1/2"	38 100	114 00	1 70	1 70	98 30		Arena 39 96 %
1"	25 000	604 00	8 80	10 50	89 50		Fino 5 74 %
3/4"	19 100	458 00	6 70	17 20	82 80		W natural 8 34 %
1/2"	12 500	792 00	11 60	28 80	71 20		
3/8"	9 500	641 00	9 40	38 20	61 80	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4 750	1,106 00	16 10	54 30	45 70	25 - 55	Limite Liquido 24 75 % _w
No 10	2 000	242 00	14 18	68 48	31 52	15 - 40	Limite Plástico 19 80 % _p
No 20	0 840	197 00	11 54	80 02	19 98		Índice Plástico 4 94 % _p
No 40	0 420	124 00	7 27	87 29	12 71	8 - 20	
No 100	0 150	82 00	4 80	92 09	7 91		CLASIFICACIÓN
No 200	0 074	37 00	2 17	94 26	5 74	2 - 8	SUCS GP-GC
No 200		98 00	5 74	100 0			AASHTO A-1-a (0)



REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Observaciones _____

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Oscar Zanata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-01. ESTRATO 1. PROG 0+040 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	354.00	476.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	327.00	439.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	27.00	37.00	
PESO DE SUELO SECO	327.00	439.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.26	8.43	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

8.34

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

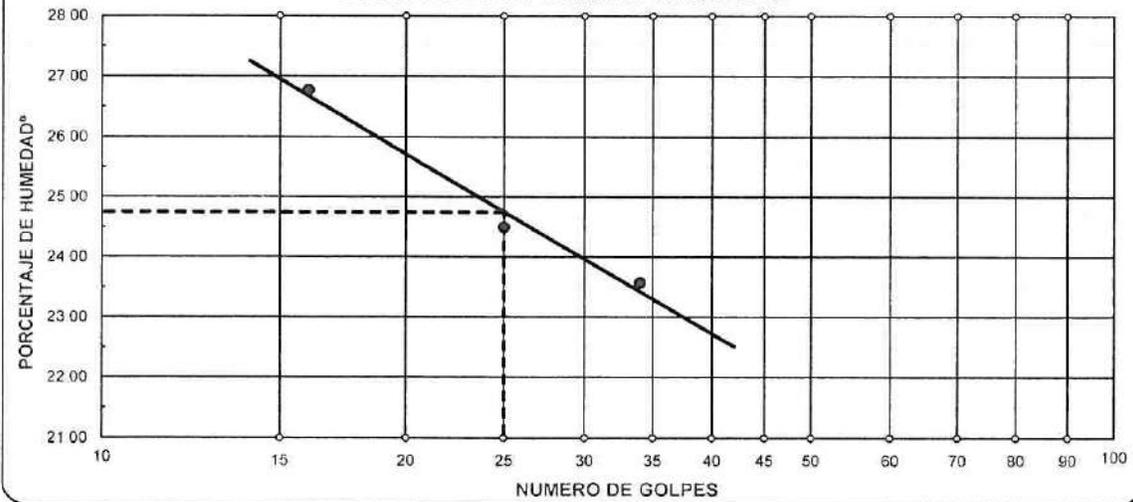
CALICATA C-01, ESTRATO 1; PROG. 0+040 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
01 No DE GOLPES	34	25	16		
02 TARRO No	12	7	4	9T	11T
03 SUELO HUMEDO * TARRO g	30.14	30.32	29.69	11.92	10.66
04 SUELO SECO * TARRO g	26.51	26.55	25.77	10.65	9.59
05 PESO DEL AGUA g	3.63	3.77	3.92	1.27	1.07
06 PESO DEL TARRO g	11.11	11.16	11.13	4.21	4.21
07 PESO DEL SUELO SECO g	15.40	15.39	14.64	6.44	5.38
08 HUMEDAD %	23.57	24.50	26.78	19.72	19.89



L.L.=	24.75 %	L.P.=	19.80 %	I.P.=	4.94 %
-------	---------	-------	---------	-------	--------

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

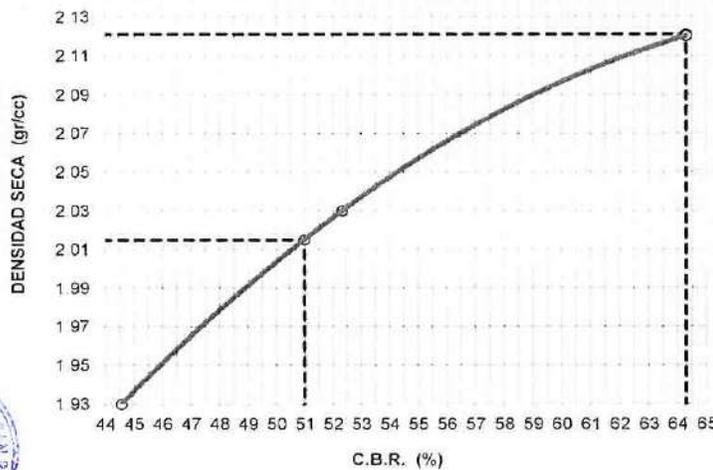
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-01, ESTRATO 1, PROG 0+040	TEC. RESPON.:	PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	SUB BASE Y BASE EXISTENTE	ING. RESPON.:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO	FECHA:	09/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 64.3%
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S. = 51.0%

LEYENDA

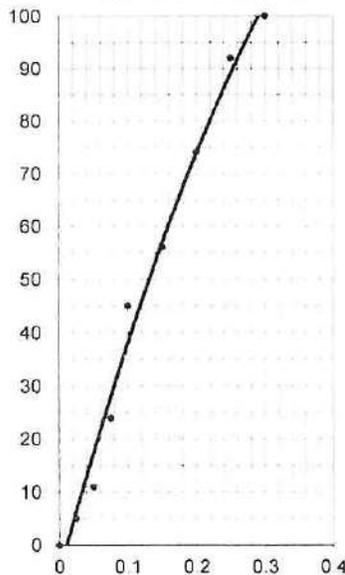
— CURVA A 0.1"

C.B.R. 0.1" = 64.3%

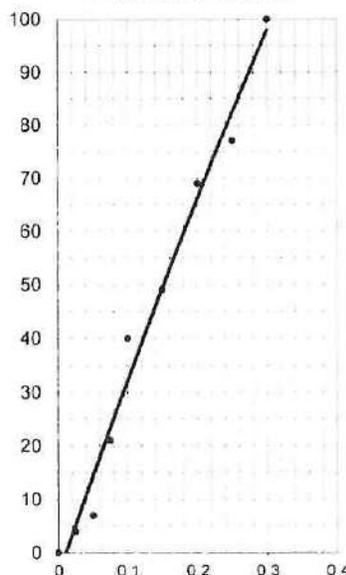
C.B.R. 0.1" = 52.3%

C.B.R. 0.1" = 44.6%

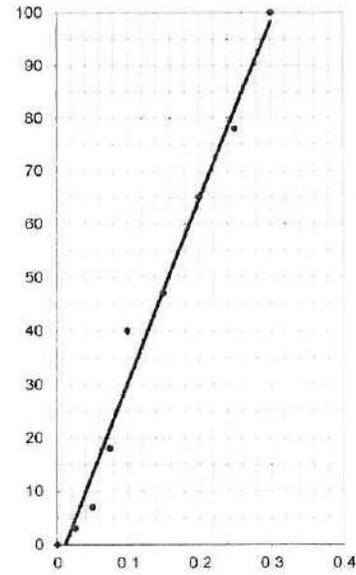
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEO TÉCNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACION, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMAN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)

(ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-01, ESTRATO 1, PROG 0+040 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

Molde N°	1		2		3	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo humedo	gr	11885		11821		11610
Peso del molde	gr	7073		7185		7213
Peso del suelo humedo	gr	4812		4636		4397
Volumen del molde	cc	2105		2105		2105
Densidad Humeda	gr /cc	2.29		2.2		2.09
Humedad	%	8.20		8.30		8.10
Densidad seca	gr /cc	2.12		2.03		1.93
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo humedo	gr	356		378		428
Tarro suelo seco	gr	329		349		396
Agua	gr	27		29		32
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	329		349		396
Humedad	%	8.2		8.3		8.1
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg"	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg"	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg"
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	15	194	65	10	144	48	7	114	38
1.00	1.300	0.50	44	485	162	25	294	98	19	234	78
1.30	1.900	0.075	98	1026	342	79	836	279	56	605	202
2.00	2.500	0.100	187	1919	640	154	1588	529	130	1347	449
3.00	3.800	0.150	234	2391	797	188	1929	643	154	1588	529
4.00	5.000	0.200	312	3173	1058	266	2712	904	211	2160	720
5.00	6.000	0.250	387	3925	1308	298	3033	1011	254	2591	864
6.00	7.500	0.300	423	4286	1429	387	3925	1308	329	3343	1114
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zañata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-01. ESTRATO 3. PROG. 0+040 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 09/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	431.00	325.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	320.00	241.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	111.00	84.00	
PESO DE SUELO SECO	320.00	241.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	34.69	34.85	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

34.77

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Zambeta Benique
 Prof. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

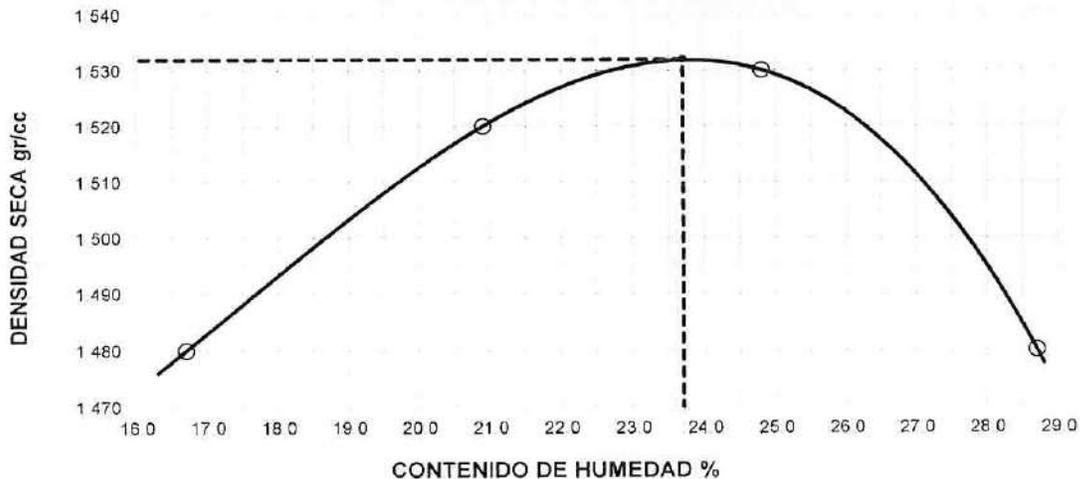
PROCTOR STANDAR

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	C-01, ESTRATO 3, PROG 0+040	TEC. RESPONS.:	PERSONAL DE LAB.
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPONS.:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN	AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA:	09/12/2015

ENSAYO N°		1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	Grs	5,763	5,863	5,931	5,929
PESO MOLDE	Grs	4,156	4,156	4,156	4,156
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	1,607	1,707	1,775	1,773
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	929.4	929.4	929.4	929.4
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.73	1.84	1.91	1.91
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	321.00	272.00	282.00	224.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	275.00	225.00	226.00	174.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	46.00	47.00	56.00	50.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	275.00	225.00	226.00	174.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	16.70	20.90	24.80	28.70
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.48	1.52	1.53	1.48
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)				1.532	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)				23.70	

GRAFICO DE PROCTOR STANDAR



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-01, ESTRATO 3, PROG. 0+040

TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN

ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ

FECHA: 09/12/2015

Molde N°	1		2		3	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	11080		10898		10700
Peso del molde	gr	7073		7185		7213
Peso del suelo húmedo	gr	3987		3713		3487
Volumen del molde	cc	2104.9		2104.9		2104.9
Densidad Húmeda	gr/cc	1.89		1.76		1.66
Humedad	%	23.70		23.70		23.80
Densidad seca	gr/cc	1.53		1.42		1.34
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	334		433		343
Tarro suelo seco	gr	270		350		277
Agua	gr	64		83		66
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	270		350		277
Humedad	%	23.7		23.7		23.8
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%
9-12-15	15:44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-12-15	15:44	24	110	1.1	0.869	145	1.45	1.146	159	1.59	1.256
11-12-15	15:44	48	198	1.98	1.564	210	2.1	1.659	210	2.1	1.659
12-12-15	15:44	72	215	2.15	0.830	226	2.26	0.640	234	2.34	0.593
13-12-15	15:44	96	227	2.27	0.229	235	2.35	0.198	287	2.87	0.608

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg'	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg'	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg'
Tiempo	mm	plg									
0:30	0.600	0.25	4	83	28	3	73	24	2	63	21
1:00	1.300	0.50	6	103	34	5	93	31	3	73	24
1:30	1.900	0.075	8	124	41	7	114	38	5	93	31
2:00	2.500	0.100	11	154	51	8	124	41	6	103	34
3:00	3.800	0.150	15	194	65	15	194	65	11	154	51
4:00	5.000	0.200	21	254	85	17	214	71	15	194	65
5:00	6.000	0.250	24	284	95	19	234	78	17	214	71
6:00	7.500	0.300	30	344	115	22	264	88	19	234	78
8:00	10.000	0.400									
10:00	12.500	0.500									

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
JULIACA
Calixto Vilca Mamani
Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Oscar Zamata Benique
Oscar Zamata Benique
Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

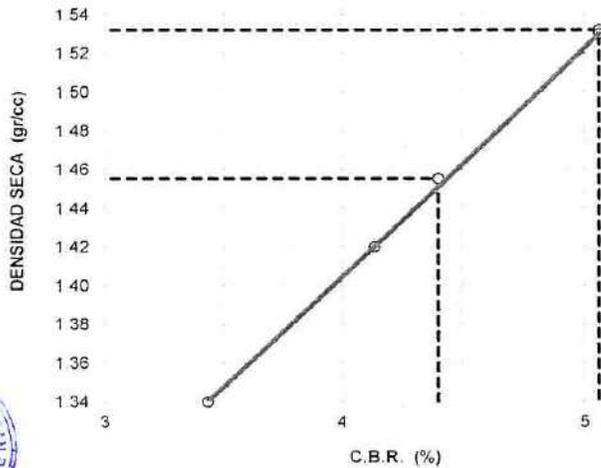
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA:	C-01, ESTRATO 3, PROG 0+040	TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ	FECHA: 13/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C B R.

C B R 0.1" AL 100% = 5.1%
 C B R 0.1" AL 95% M.D.S. = 4.4%

LEYENDA

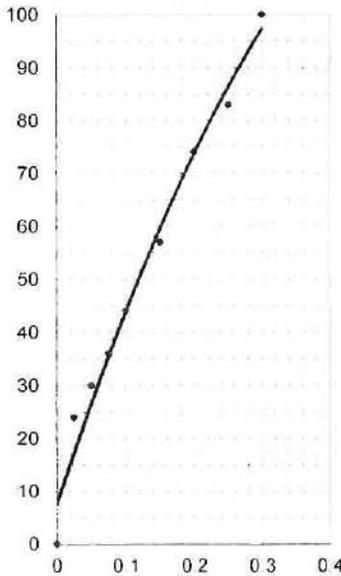
— CURVA A 0.1"

C B R 0.1" = 5.1%

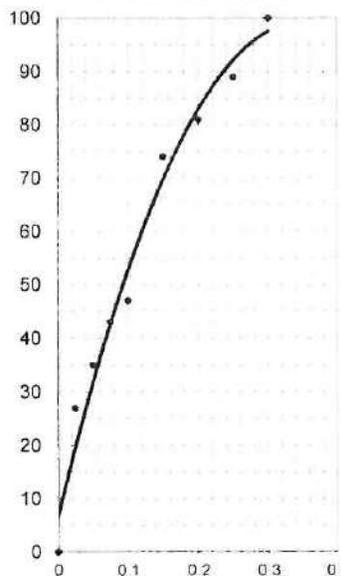
C B R 0.1" = 4.1%

C B R 0.1" = 3.4%

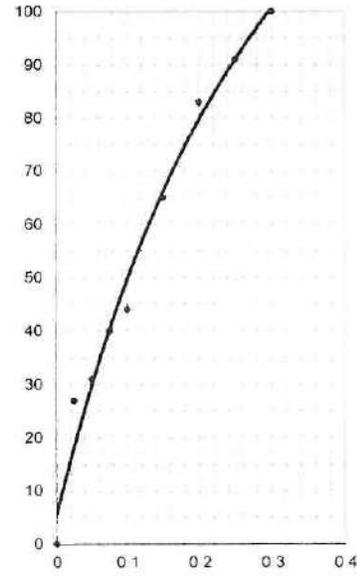
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zamata Benique
Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

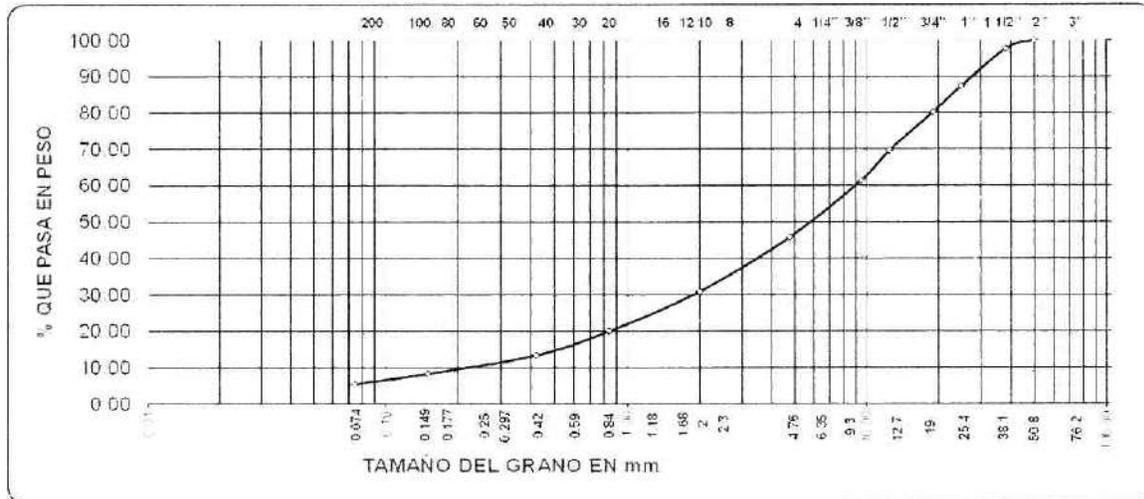
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-02 ESTRATO 1 PROG 0+180	TEC. RESPON:	PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	SUB BASE Y BASE EXISTENTE	ING. RESPON:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACION:	AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO	FECHA:	08.12.2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial : 7655 Grs
2 1/2"	63.000						Peso Fraccion : 988 Grs
2"	50.000				100.00	100 - 100	Grava : 54.20 %
1 1/2"	38.100	187.00	2.40	2.40	97.60		Arena : 40.38 %
1"	25.000	789.00	10.30	12.70	87.30		Fino : 5.42 %
3/4"	19.100	544.00	7.10	19.80	80.20		W natural : 8.39 %
1/2"	12.500	812.00	10.60	30.40	69.60		
3/8"	9.500	631.00	8.20	38.60	61.40	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.750	1,194.00	15.60	54.20	45.80	25 - 55	Limite Liquido : 24.02 %
No 10	2.000	322.00	4.19	69.13	30.87	15 - 40	Limite Plástico : 19.23 %
No 20	0.840	234.00	3.06	79.98	20.02		Indice Plástico : 4.79 %
No 40	0.420	143.00	1.86	86.61	13.39	8 - 20	
No 100	0.150	110.00	1.44	91.71	8.29		CLASIFICACION
No 200	0.075	62.00	0.81	94.58	5.42	2 - 8	SUCS : GP-GC
No 200		117.00	1.52	100.0			AASHTO : A-1-a (0)



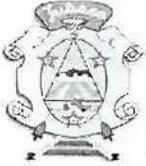
REPRESENTACION GRAFICA TAMANO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 C.I.P. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOLOGIA Y CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamate Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-02, ESTRATO 1, PROG 0+180 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	233.00	387.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	215.00	357.00	
RESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	18.00	30.00	
PESO DE SUELO SECO	215.00	357.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.37	8.40	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

8.39

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zamata Benique
Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

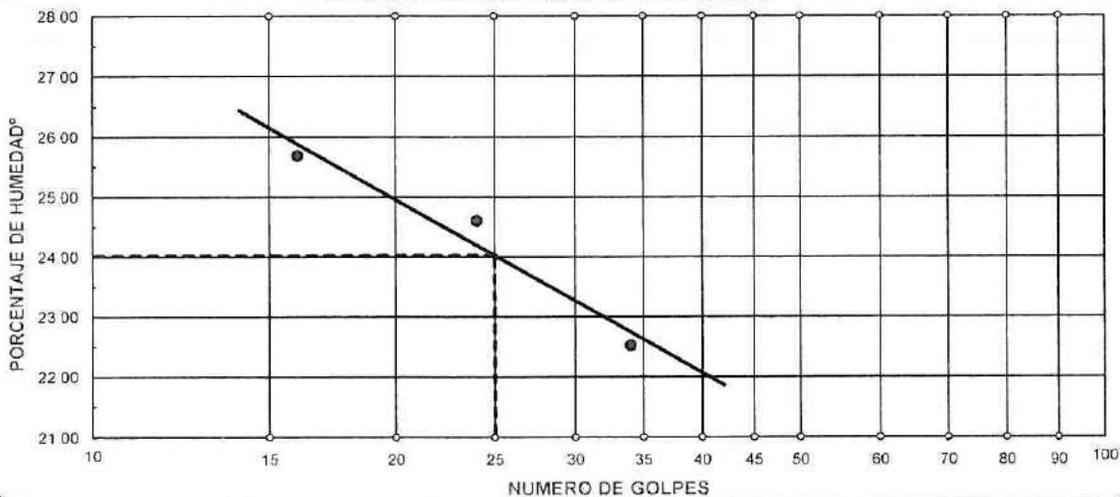
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-02, ESTRATO 1, PROG 0+180 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN: AV CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
01 No DE GOLPES	34	24	16		
02 TARRO No	11	10	6	8T	12T
03 SUELO HUMEDO * TARRO g	27.98	26.21	28.80	10.90	11.55
04 SUELO SECO * TARRO g	24.89	23.24	25.18	9.82	10.38
05 PESO DEL AGUA g	3.09	2.97	3.62	1.08	1.17
06 PESO DEL TARRO g	11.17	11.17	11.09	4.22	4.28
07 PESO DEL SUELO SECO g	13.72	12.07	14.09	5.60	6.10
08 HUMEDAD %	22.52	24.61	25.69	19.29	19.18

L.L.= 24.02 % L.P.= 19.23 % I.P.= 4.79 %

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Osca Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMAN - PUNO"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

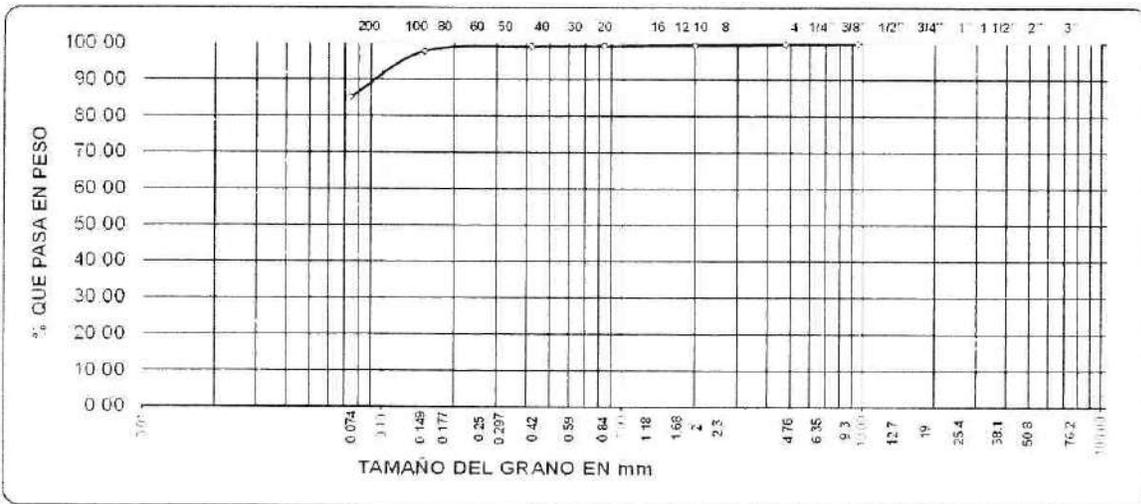
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-02 ESTRATO 3 PROG 0+280 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACION: AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZO FECHA: 09/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial 960 Grs
2 1/2"	63.000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50.000						Grava 0.30 %
1 1/2"	38.100						Arena 14.60 %
1"	25.000						Fino 85.10 %
3/4"	19.100						W natural 33.33 %
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.750	3.00	0.30	0.30	99.70		Limite Líquido 45.61 %
No 10	2.000	2.00	0.20	0.50	99.50		Limite Plástico 34.60 %
No 20	0.840	2.00	0.20	0.70	99.30		Indice Plástico 11.01 %
No 40	0.420	2.00	0.20	0.90	99.10		
No 100	0.150	12.00	1.30	2.20	97.80		CLASIFICACIÓN
No 200	0.074	122.00	12.70	14.90	85.10		SUCS ML
No 200		820.00	85.10				AASHTO A-7-5(10)



REPRESENTACIÓN GRÁFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD



Observaciones

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 C.I.P. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-02, ESTRATO 3, PROG 0+280 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 09/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	243.00	233.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	182.00	175.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	61.00	58.00	
PESO DE SUELO SECO	182.00	175.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33.52	33.14	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

33.33

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Instituto Tecnológico de Juliaca
INGENIERÍA EN GEOTECNIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

PROCTOR STANDAR

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA	C-02, ESTRATO 3, PROG. 0+280	TEC. RESPON.S.:	PERSONAL DE LAB.
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.S.:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN	AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA:	09/12/2015

ENSAYO N°	1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA	56	56	56	56

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

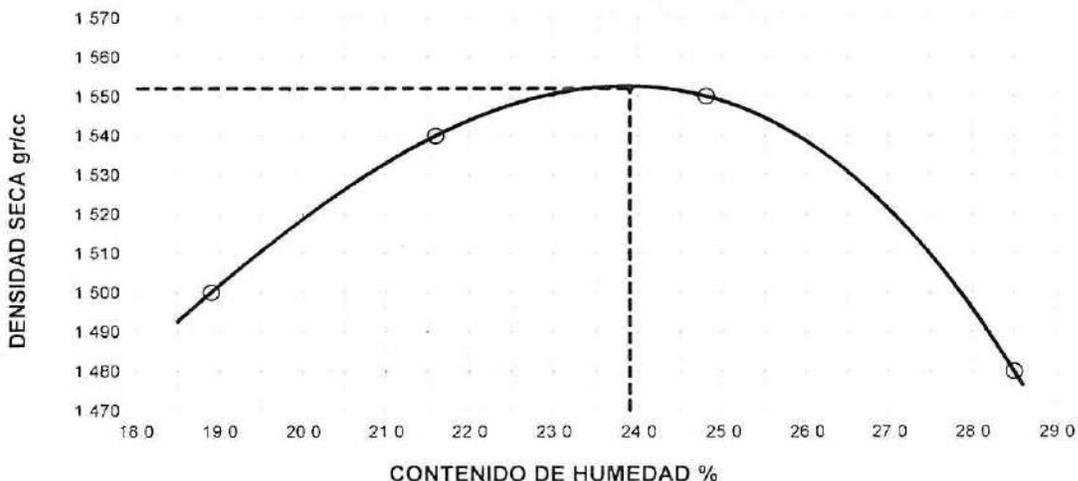
	Gr	5.810	5.898	5.948	5.918
PESO MOLDE+SUELO	Gr	4.156	4.156	4.156	4.156
PESO MOLDE	Gr	1.654	1.742	1.792	1.762
PESO SUELO COMPACTADO	cm ³	929.4	929.4	929.4	929.4
VOLUMEN DEL MOLDE	gr/cm ³	1.78	1.87	1.93	1.90
DENSIDAD HUMEDA					

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Gr	308.00	293.00	327.00	257.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Gr	259.00	241.00	262.00	200.00
PESO RECIPIENTE	Gr	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Gr	49.00	52.00	65.00	57.00
PESO DE SUELO SECO	Gr	259.00	241.00	262.00	200.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	18.90	21.60	24.80	28.50
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.50	1.54	1.55	1.48

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.552
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	23.90

GRAFICO DE PROCTOR STANDAR



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oskar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)

(ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-02. ESTRATO 3. PROG 0+280

TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION

ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN - CARRIL IZQ

FECHA: 09/12/2015

Molde N°	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr	10630		10401		10200
Peso del molde	gr	6588		6609		6622
Peso del suelo húmedo	gr	4042		3792		3578
Volumen del molde	cc	2104.9		2104.9		2104.9
Densidad Húmeda	gr /cc	1.92		1.8		1.7
Humedad	%	24.00		24.00		23.90
Densidad seca	gr /cc	1.55		1.45		1.37
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	403		377		358
Tarro suelo seco	gr	325		304		289
Agua	gr	78		73		69
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	325		304		289
Humedad	%	24.0		24.0		23.9
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%
9-12-15	15.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10-12-15	15.44	24	108	1.08	0.853	143	1.43	1.130	154	1.54	1.217
11-12-15	15.44	48	190	1.9	1.501	198	1.98	1.584	212	2.12	1.675
12-12-15	15.44	72	209	2.09	0.798	217	2.17	0.585	243	2.43	0.703
13-12-15	15.44	96	216	2.16	0.205	228	2.28	0.237	241	2.41	0.229

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0.30	0.600	0.25	4	83	28	3	73	24	1	53	18
1.00	1.300	0.50	6	103	34	5	93	31	3	73	24
1.30	1.900	0.075	8	124	41	7	114	38	5	93	31
2.00	2.500	0.100	12	164	55	9	134	45	7	114	38
3.00	3.800	0.150	15	194	65	12	164	55	10	144	48
4.00	5.000	0.200	21	254	85	16	204	68	13	174	58
5.00	6.000	0.250	28	324	108	21	254	85	17	214	71
6.00	7.500	0.300	28	324	108	26	304	101	21	254	85
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN

Juliaca
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112534

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 GEOTECNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Lemata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

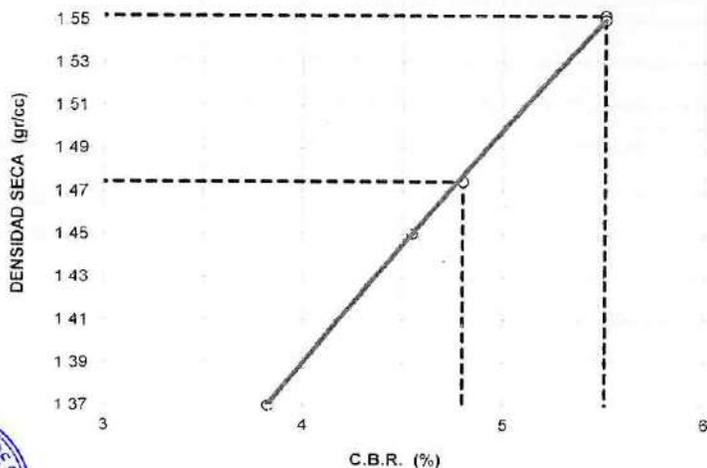
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA:	C-02, ESTRATO 3, PROG 0+280	TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ	FECHA: 13/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C.B.R.

C.B.R.01" AL 100% = 5.5%
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S = 4.8%

LEYENDA

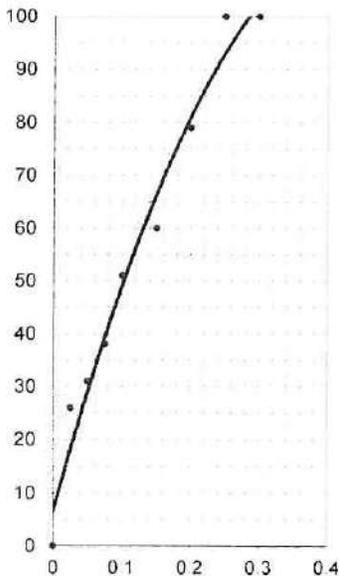
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 5.5%

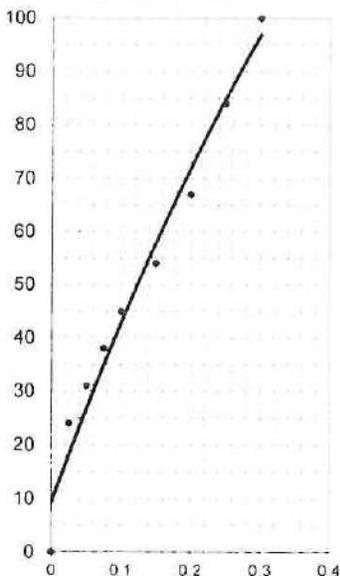
C.B.R 0.1"= 4.5%

C.B.R 0.1"= 3.8%

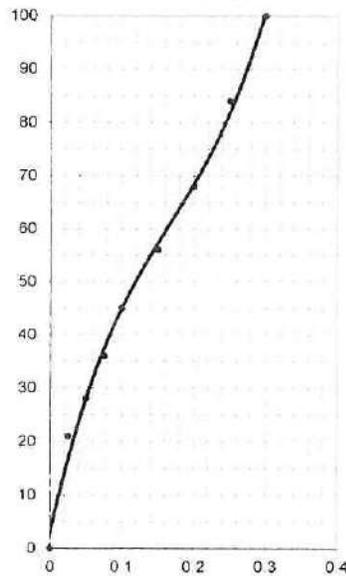
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOLOGÍA, CIMENTOS Y PAVIMENTOS

Oscar Amata Benique
Duch. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

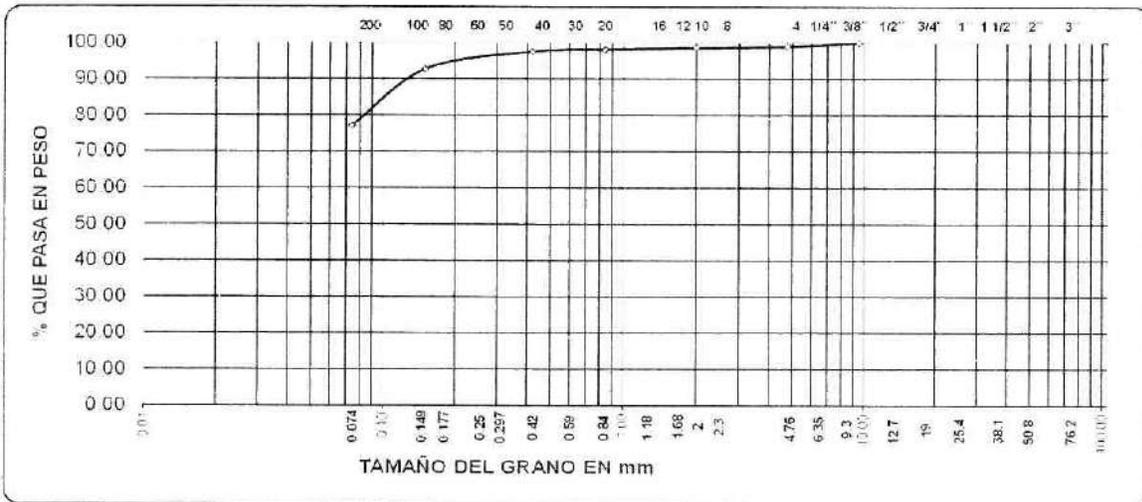
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-03 ESTRATO 3, PROG 0+360
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION
 UBICACION: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZO
 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 FECHA: 14.12.2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76 200						Peso Inicial 928 Grs
2 1/2"	63 000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50 000						Grava 1.10 %
1 1/2"	38 100						Arena 21.90 %
1"	25 000						Fino 77.00 %
3/4"	19 100						W natural 35.53 %
1/2"	12 500						
3/8"	9 500				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4 760	10.00	1.10	1.10	98.90		Límite Líquido 37.02 %
No 10	2 000	3.00	0.30	1.40	98.60		Límite Plástico 28.70 %
No 20	0 840	5.00	0.50	1.90	98.10		Índice Plástico 8.32 %
No 40	0 420	6.00	0.60	2.50	97.50		
No 100	0 150	44.00	4.80	7.30	92.70		CLASIFICACION
No 200	0 074	145.00	15.70	23.00	77.00		SUCS ML
No 200		723.00	77.00				AASHTO A-4(8)

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Observaciones

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-03, ESTRATO 3, PROG 0+360 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZO FECHA: 14/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	255.00	302.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	188.00	223.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	67.00	79.00	
PESO DE SUELO SECO	188.00	223.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	35.64	35.43	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

35.53

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTÉCNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Amata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-03, ESTRATO 3, PROG. 0+360

TEC. RESPON.: PERSONAL DE LAB.

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN

ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.

FECHA: 14/12/2015

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
01 No DE GOLPES	35	25	15			
02 TARRO No	4	5	6	2T	9T	
03 SUELO HUMEDO * TARRO g	29.14	28.13	28.09	9.42	9.34	
04 SUELO SECO * TARRO g	24.37	23.50	23.38	8.27	8.18	
05 PESO DEL AGUA g	4.77	4.63	4.71	1.15	1.16	
06 PESO DEL TARRO g	11.17	11.01	11.08	4.20	4.20	
07 PESO DEL SUELO SECO g	13.20	12.49	12.30	4.07	3.98	
08 HUMEDAD %	36.14	37.07	38.29	28.26	29.15	

L.L.=

37.02 %

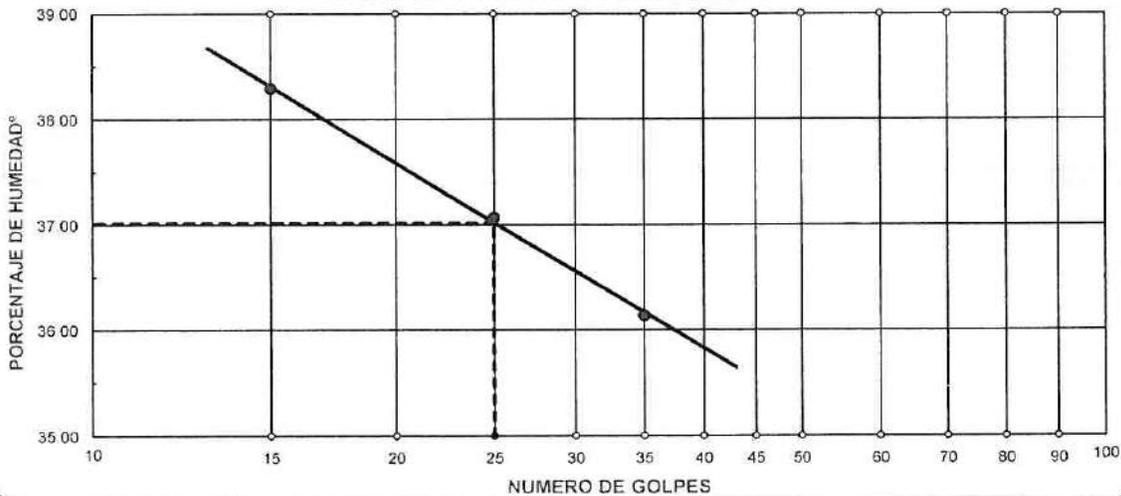
L.P.=

28.70 %

I.P.=

8.32 %

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOLOGIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zambata Benique
Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

PROCTOR STANDAR

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-03, ESTRATO 3, PROG. 0+360	TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LAB.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA: 14/12/2015

ENSAYO N°	1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA	56	56	56	56

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

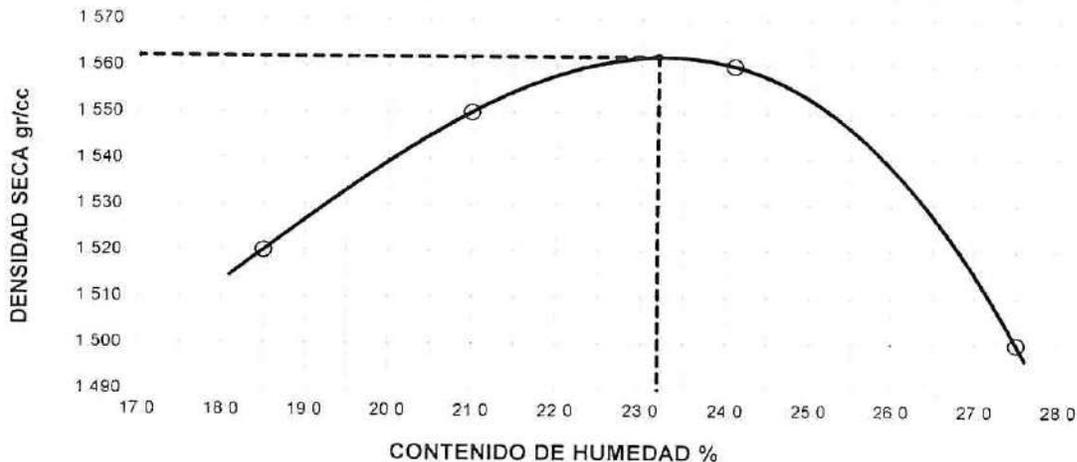
PESO MOLDE+SUELO	Grs	5,832	5,903	5,956	5,934
PESO MOLDE	Grs	4,156	4,156	4,156	4,156
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	1,676	1,747	1,800	1,778
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	929.4	929.4	929.4	929.4
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.80	1.88	1.94	1.91

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	243.00	259.00	294.00	255.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	205.00	214.00	237.00	200.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	38.00	45.00	57.00	55.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	205.00	214.00	237.00	200.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	18.50	21.00	24.10	27.50
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.52	1.55	1.56	1.50

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.562
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	23.20

GRAFICO DE PROCTOR STANDAR



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)

(ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-03. ESTRATO 3. PROG. 0+360

TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN

ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ

FECHA: 14/12/2015

Molde N°	1		2		3	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo humedo	gr	11120		10971		10800
Peso del molde	gr	7073		7185		7213
Peso del suelo humedo	gr	4047		3786		3587
Volumen del molde	cc	2104.9		2104.9		2104.9
Densidad Humeda	gr/cc	1.92		1.8		1.7
Humedad	%	23.30		23.30		23.20
Densidad seca	gr/cc	1.56		1.46		1.38
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo humedo	gr	323		429		345
Tarro suelo seco	gr	262		348		280
Agua	gr	61		81		65
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	262		348		280
Humedad	%	23.3		23.3		23.2
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m m	%		m m	%		m m	%
14-12-15	15.44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-12-15	15.44	24	97	0.97	0.766	112	1.12	0.885	121	1.21	0.956
16-12-15	15.44	48	154	1.54	1.217	165	1.65	1.304	175	1.75	1.383
17-12-15	15.44	72	178	1.78	0.640	198	1.98	0.679	209	2.09	0.695
18-12-15	15.44	96	201	2.01	0.371	217	2.17	0.411	226	2.26	0.403

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	5	93	31	4	83	28	2	63	21
1.00	1.300	0.50	7	114	38	6	103	34	4	83	28
1.30	1.900	0.075	10	144	48	8	124	41	6	103	34
2.00	2.500	0.100	13	174	58	10	144	48	8	124	41
3.00	3.600	0.150	19	234	78	13	174	58	10	144	48
4.00	5.000	0.200	25	294	98	18	224	75	14	184	61
5.00	6.000	0.250	34	364	128	27	314	105	18	224	75
6.00	7.500	0.300	40	445	148	32	364	121	23	274	91
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN

JULIACA
Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
OSCAR RAMÍREZ
ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

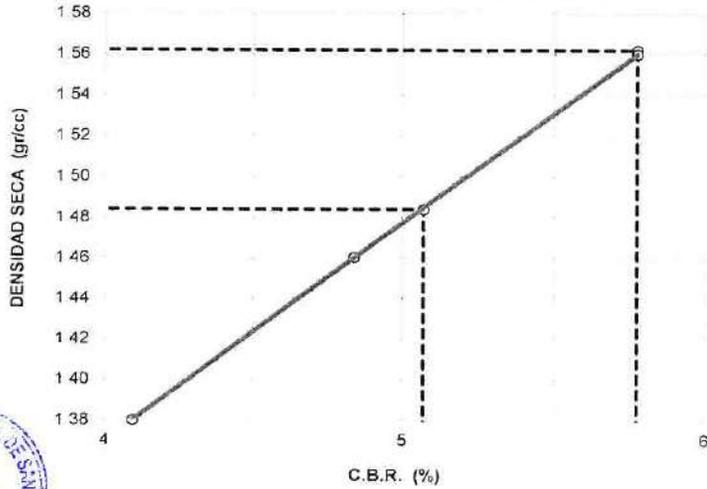
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA:	C-03, ESTRATO 3, PROG 0+360	TEC. RESPON.S.:	PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.S.:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA:	18/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C B R

CBR.01" AL 100% = 5.8%
 CBR.01" AL 95% MDS = 5.1%

LEYENDA

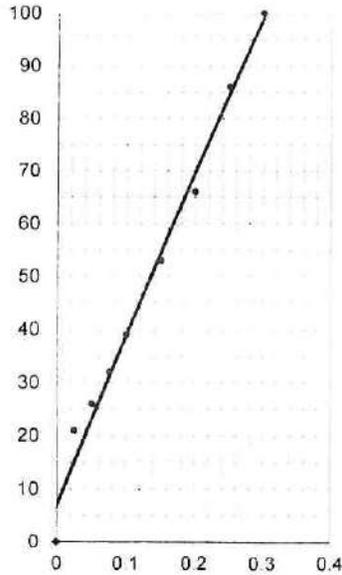
— CURVA A 0.1"

CBR 0.1"= 5.8%

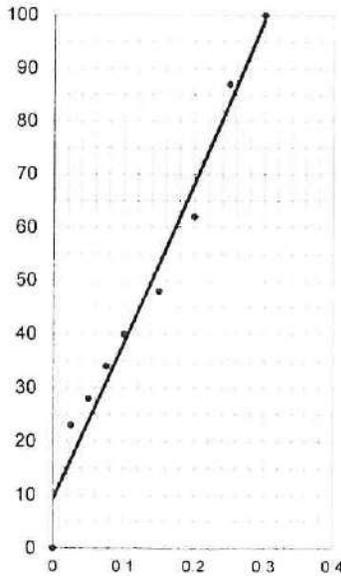
CBR 0.1"= 4.8%

CBR 0.1"= 4.1%

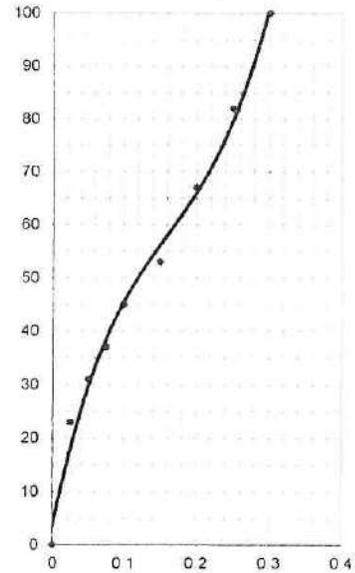
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 J. D. ...
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zarate Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

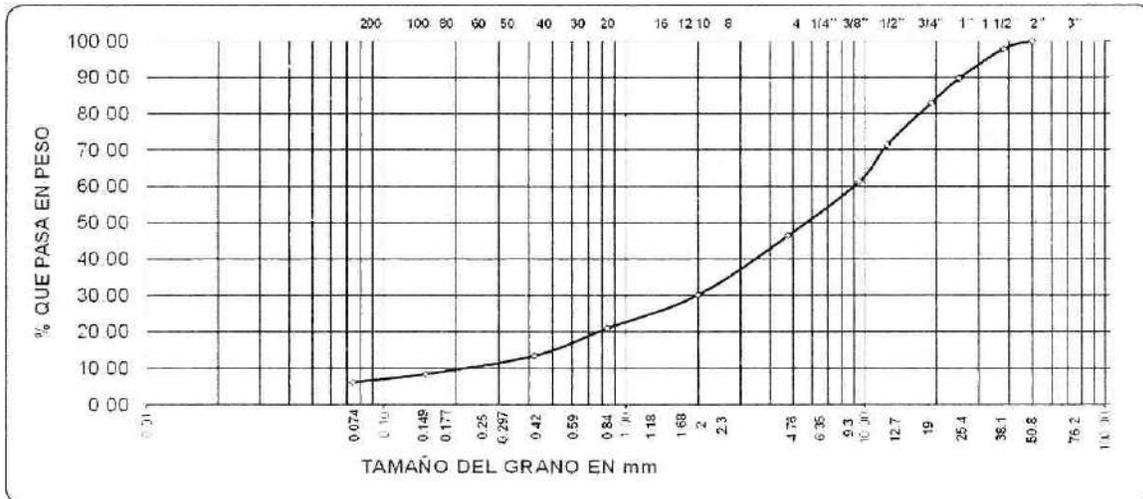
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-04 ESTRATO 1 PROG 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACION: AV. CIRCUNVALACION CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF. A	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76 200						Peso Inicial : 10230 Grs
2 1/2"	63 000						Peso Fracción : 1230 Grs
2"	50 000				100.00	100 - 100	Grava : 53.60 %
1 1/2"	38 100	221.00	2.20	2.20	97.80		Arena : 40.21 %
1"	25 000	832.00	8.10	10.30	89.70		Fino : 6.19 %
3/4"	19 100	691.00	6.80	17.10	82.90		W natural : 8.33 %
1/2"	12 500	1,189.00	11.60	28.70	71.30		
3/8"	9 500	1,023.00	10.00	38.70	61.30	30 - 65	LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4 750	1,524.00	14.90	53.60	46.40	25 - 55	Limite Líquido : 23.98 %
No 10	2 000	433.00	16.33	69.93	30.07	15 - 40	Limite Plástico : 19.00 %
No 20	0 840	241.00	9.09	79.02	20.98		Índice Plástico : 4.99 %
No 40	0 420	199.00	7.51	86.53	13.47	8 - 20	
No 100	0 150	133.00	5.02	91.55	8.45		CLASIFICACIÓN
No 200	0 074	60.00	2.26	93.81	6.19	2 - 8	SUCS : GP-GC
<No 200		164.00	6.19	100.0			AASHTO : A-1-a (0)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 C.I.P. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-04, ESTRATO 1; PROG. 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	376.00	287.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	347.00	265.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	29.00	22.00	
PESO DE SUELO SECO	347.00	265.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.36	8.30	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

8.33

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

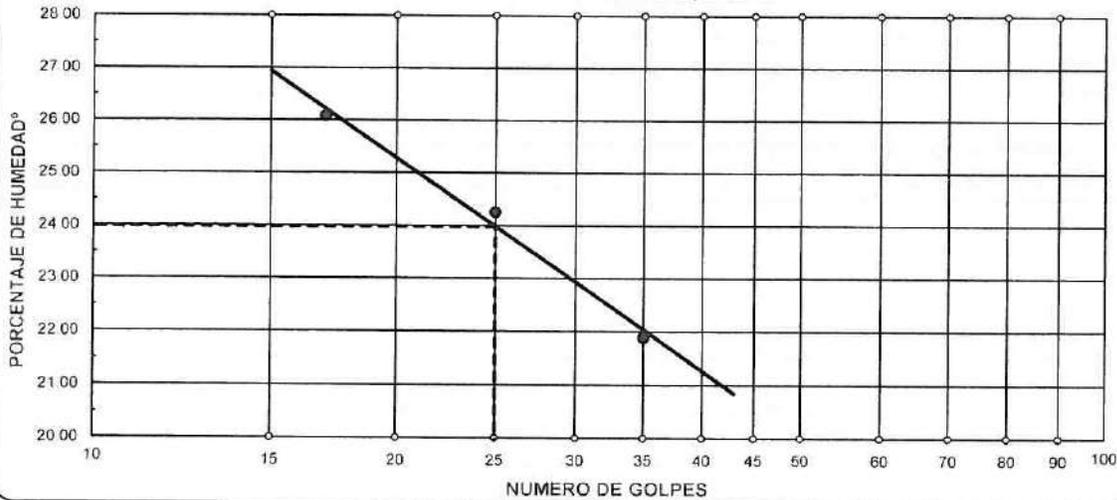
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-04, ESTRATO 1; PROG. 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

DESCRIPCION	LIMITE LIQUIDO				LIMITE PLASTICO	
	No	g	g	g	g	g
01. No DE GOLPES	35	25	17			
02 TARRO No	1	11	5		8T	9T
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	27.54	25.33	23.45	12.45	11.65
04 SUELO SECO * TARRO	g	24.60	22.56	20.87	12.14	11.44
05. PESO DEL AGUA	g	2.94	2.77	2.58	0.31	0.21
06. PESO DEL TARRO	g	11.17	11.14	10.98	10.50	10.34
07 PESO DEL SUELO SECO	g	13.43	11.42	9.89	1.64	1.10
08. HUMEDAD	%	21.89	24.26	26.09	18.90	19.09

L.L.= 23.98 % L.P.= 19.00 % I.P.= 4.99 %

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Oscar Benique
 INGENIERO EN GEOTECNIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : C-04, ESTRATO 1, PROG. 0+600	TEC. RESPON.S.: PERSONAL DE LAB.
MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE	ING. RESPON.S.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO	FECHA: 08/12/2015

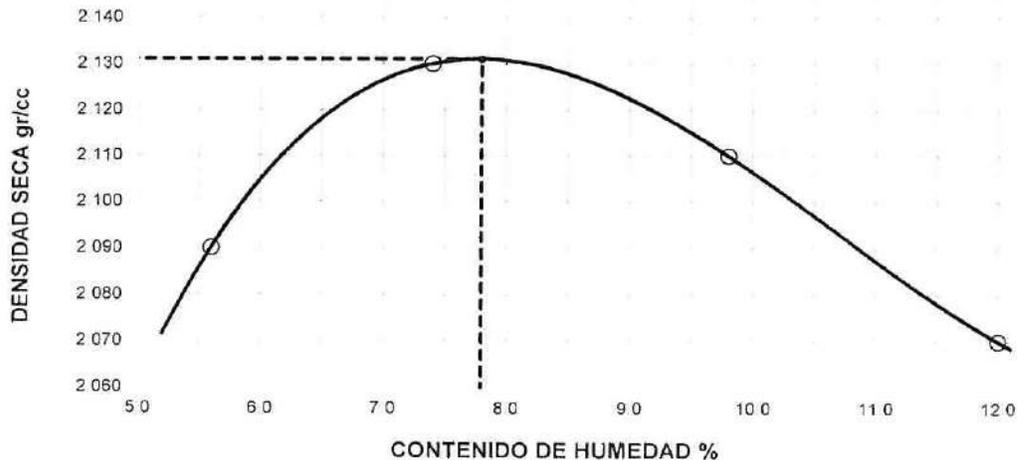
ENSAYO N°		1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	Grs	10,631	10,791	10,864	10,871
PESO MOLDE	Grs	5,980	5,980	5,980	5,980
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	4,651	4,811	4,884	4,891
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2,104.9	2,104.9	2,104.9	2,104.9
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	2.21	2.29	2.32	2.32

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	412.00	404.00	235.00	346.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	390.00	376.00	214.00	309.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	22.00	28.00	21.00	37.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	390.00	376.00	214.00	309.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	5.60	7.40	9.80	12.00
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	2.09	2.13	2.11	2.07

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.131
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	7.80

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Anata Benique
 BASE INGENIERÍA GEOLÓGICA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)

(ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-04. ESTRATO 1. PROG 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: SUB BASE Y BASE EXISTENTE ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO FECHA: 08/12/2015

Molde N°	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	11415		11191		10980
Peso del molde	gr	6588		6609		6622
Peso del suelo húmedo	gr	4827		4582		4358
Volumen del molde	cc	2105		2105		2105
Densidad Humeda	gr/cc	2.29		2.18		2.07
Humedad	%	7.70		7.80		7.70
Densidad seca	gr/cc	2.13		2.02		1.92
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	321		344		421
Tarro suelo seco	gr	298		319		391
Agua	gr	23		25		30
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	298		319		391
Humedad	%	7.7		7.8		7.7
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones	Lectura	Lectura	Presiones
Tiempo	mm	plg	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²	Dial	Lb	Lb/plg ²
0:30	0.600	0.25	17	214	71	12	164	55	9	134	45
1:00	1.300	0.50	32	364	121	26	304	101	22	284	88
1:30	1.900	0.075	89	936	312	75	796	265	68	725	242
2:00	2.500	0.100	197	2019	673	177	1819	606	159	1638	546
3:00	3.800	0.150	278	2832	944	208	2130	710	187	1919	640
4:00	5.000	0.200	320	3253	1084	278	2832	944	204	2090	697
5:00	6.000	0.250	389	3945	1315	354	3594	1198	310	3153	1051
6:00	7.500	0.300	433	4387	1482	401	4066	1355	380	3855	1285
8:00	10.000	0.400									
10:00	12.500	0.500									

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamateño
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

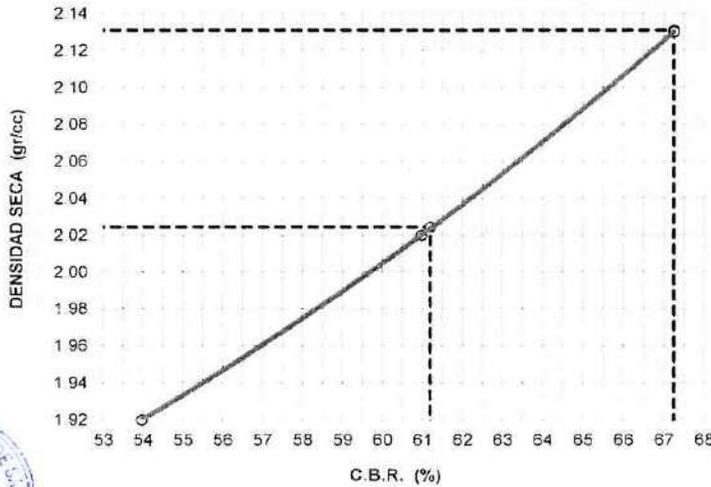
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA:	C-04. ESTRATO 1, PROG. 0+800	TEC. RESPON.:	PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	SUB BASE Y BASE EXISTENTE	ING. RESPON.:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV. CIRCUNVALACIÓN CARRIL IZQUIERDO	FECHA:	09/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C B R

C.B.R 0.1" AL 100% = 67.3%
 C.B.R 0.1" AL 95% M.D.S. = 61.2%

LEYENDA

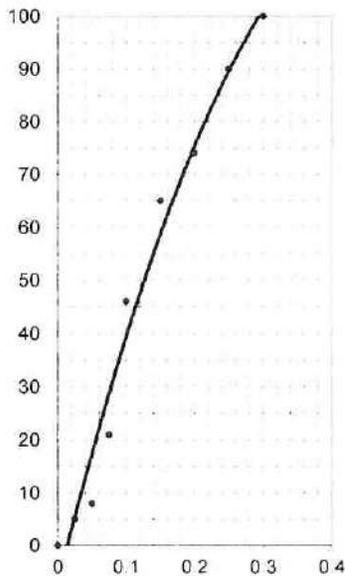
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 67.3%

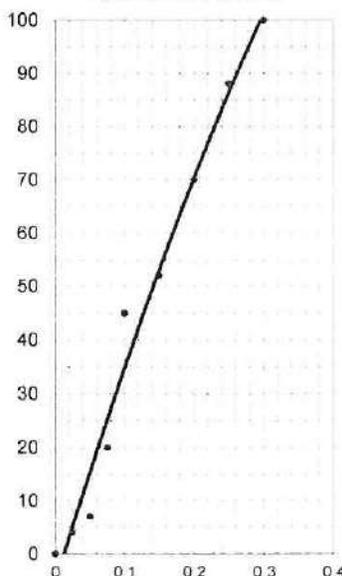
C.B.R 0.1"= 61.0%

C.B.R 0.1"= 54.0%

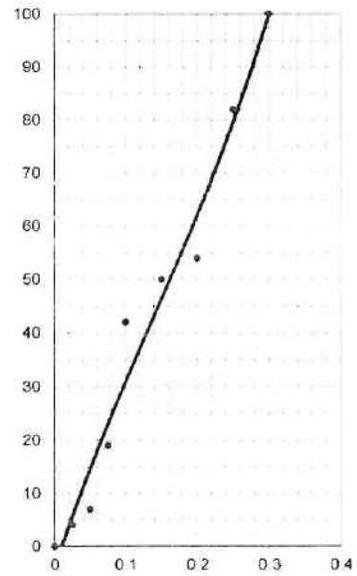
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA - PUNO
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA Y CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oskar Zamata Bentque
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

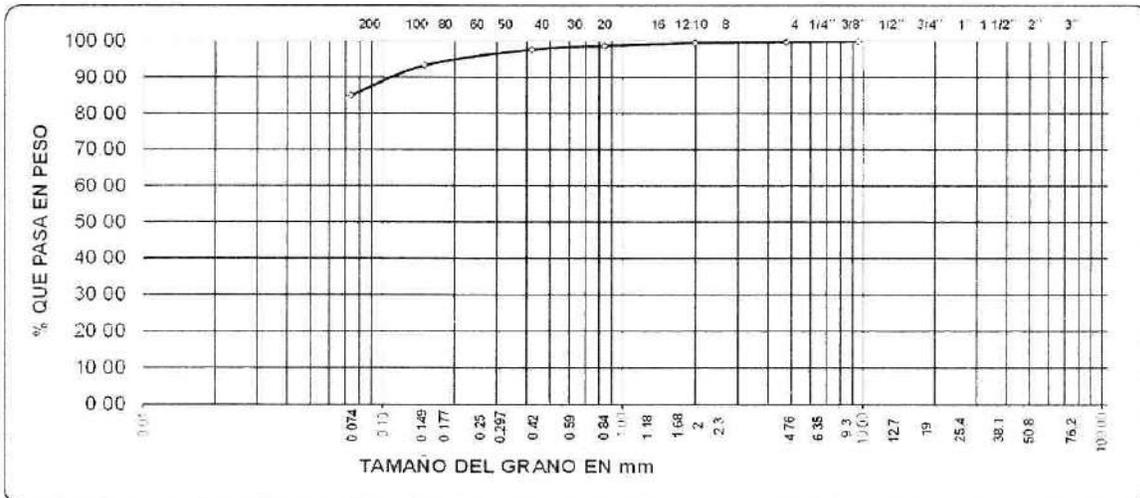
NORMAS TÉCNICAS: NTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-04 ESTRATO 3 PROG 0+600
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN
 UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZO
 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 FECHA: 14/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial 985 Grs
2 1/2"	63.000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50.000						Grava 0.30 %
1 1/2"	38.100						Arena 14.70 %
1"	25.000						Fino 85.00 %
3/4"	19.100						W natural 26.20 %
1/2"	12.500						
3/8"	9.500				100.00		LIMITES DE CONSISTENCIA
No.04	4.760	3.00	0.30	0.30	99.70		Límite Líquido 65.58 %
No.10	2.000	2.00	0.20	0.50	99.50		Límite Plástico 43.50 %
No.20	0.840	8.00	0.80	1.30	98.70		Índice Plástico 22.08 %
No.40	0.420	10.00	1.00	2.30	97.70		
No.100	0.150	43.00	4.40	6.70	93.30		CLASIFICACIÓN
No.200	0.074	82.00	8.30	15.00	85.00		SUCS MH
No.200		840.00	85.00				AASHTO A-7.5(17)

**REPRESENTACIÓN GRÁFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Observaciones

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTÉCNICA, CONCRETO Y PAVIMENTOS
 Oscar Benítez Benítez
 Bach. ING. GEOLOGÍA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-04, ESTRATO 3, PROG 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 14/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	187.00	222.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	146.00	173.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	41.00	49.00	
PESO DE SUELO SECO	146.00	173.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	28.08	28.32	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

28.20

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Zúñiga Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-04, ESTRATO 3, PROG. 0+600

TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LAB

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN

ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN: AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ

FECHA: 14/12/2015

DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
		36	26	16		
01 No DE GOLPES		36	26	16		
02 TARRO No.		11	10	3	12T	8T
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	27.18	25.43	25.64	7.63	7.11
04 SUELO SECO * TARRO	g	20.90	19.78	19.78	6.58	6.23
05 PESO DEL AGUA	g	6.28	5.65	5.86	1.05	0.88
06 PESO DEL TARRO	g	11.16	11.17	11.02	4.22	4.16
07 PESO DEL SUELO SECO	g	9.74	8.61	8.76	2.36	2.07
08 HUMEDAD	%	64.48	65.62	66.89	44.49	42.51

L.L.=

65.58 %

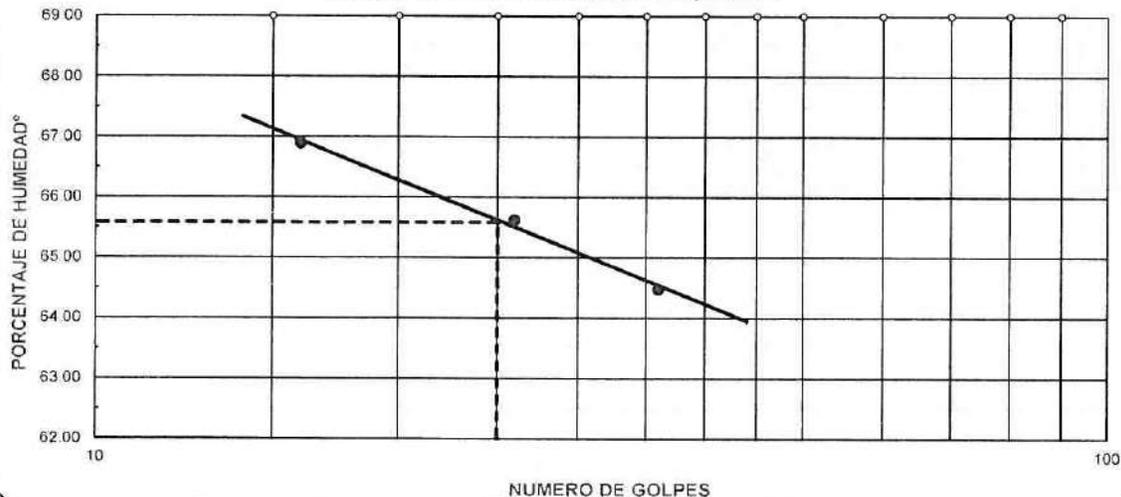
L.P.=

43.50 %

I.P.=

22.08 %

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
Calixto Vilca Mamani
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONSULTAS Y PAVIMENTOS
Oscar Benique
 Oscar Benique Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

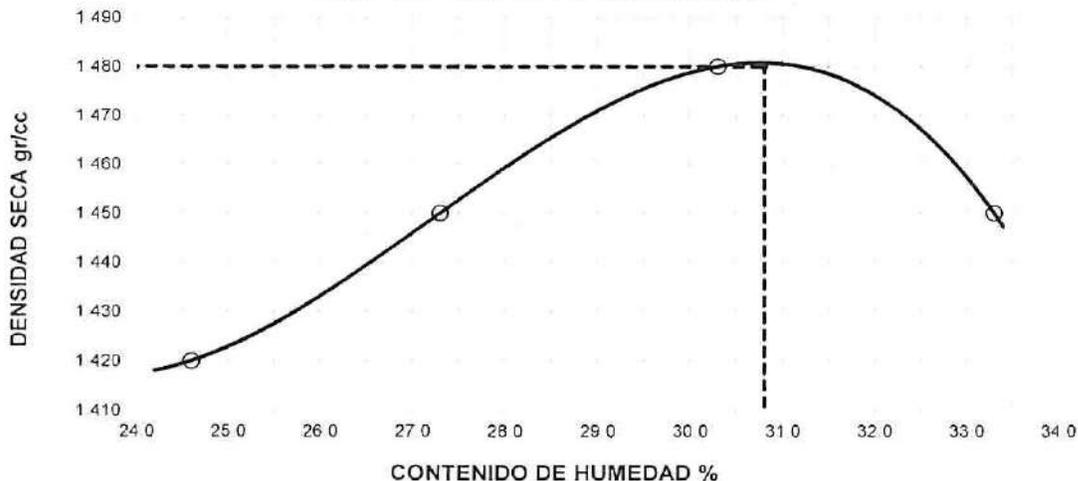
PROCTOR STANDAR

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-04, ESTRATO 3, PROG. 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LAB.
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 14/12/2015

ENSAYO N°		1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	Grs	5,804	5,876	5,946	5,947
PESO MOLDE	Grs	4,156	4,156	4,156	4,156
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	1,648	1,720	1,790	1,791
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	929.4	929.4	929.4	929.4
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.77	1.85	1.93	1.93
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	238.00	247.00	288.00	320.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	191.00	194.00	221.00	240.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	47.00	53.00	67.00	80.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	191.00	194.00	221.00	240.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	24.60	27.30	30.30	33.30
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.42	1.45	1.48	1.45
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)				1.480	
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)				30.80	

GRAFICO DE PROCTOR STANDAR



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Encala Benique
 Bach. ING. GEOLÓGICA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-04 ESTRATO 3 PROG 0+600 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZO. FECHA: 14/12/2015

Molde N°	4		5		6	
	5		5		5	
Capa N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	10670		10441		10108
Peso del molde	gr	6588		6609		6622
Peso del suelo húmedo	gr	4082		3832		3486
Volumen del molde	cc.	2104.9		2104.9		2104.9
Densidad Humeda	gr /cc	1.94		1.82		1.66
Humedad	%	30.70		30.90		30.70
Densidad seca	gr /cc	1.48		1.39		1.27
Tarro N°		1		2		3
Tarro suelo húmedo	gr	345		432		349
Tarro suelo seco	gr	264		330		267
Agua	gr	81		102		82
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	264		330		267
Humedad	%	30.7		30.9		30.7
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m m	%		m m	%		m m	%
14-12-15	15 44	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
15-12-15	15 44	24	121	1.21	0.956	161	1.61	1.272	178	1.78	1.406
16-12-15	15 44	48	214	2.14	1.691	221	2.21	1.746	243	2.43	1.920
17-12-15	15 44	72	234	2.34	0.893	256	2.56	0.751	270	2.7	0.727
18-12-15	15 44	96	245	2.45	0.245	289	2.89	0.537	354	3.54	0.877

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg'	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg'	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg'
Tiempo	mm	plg									
0 30	0 600	0 25	3	73	24	2	63	21	1	53	18
1 00	1 300	0 50	5	93	31	3	73	24	2	63	21
1 30	1 900	0 075	7	114	38	5	93	31	4	83	28
2 00	2 500	0 100	10	144	48	8	124	41	6	103	34
3 00	3 800	0 150	15	194	65	12	164	55	10	144	48
4 00	5 000	0 200	20	244	81	17	214	71	13	174	58
5 00	6 000	0 250	25	294	98	20	244	81	18	224	75
6 00	7 500	0 300	29	334	111	24	284	95	21	254	85
8 00	10 000	0 400									
10 00	12 500	0 500									

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zúñiga Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

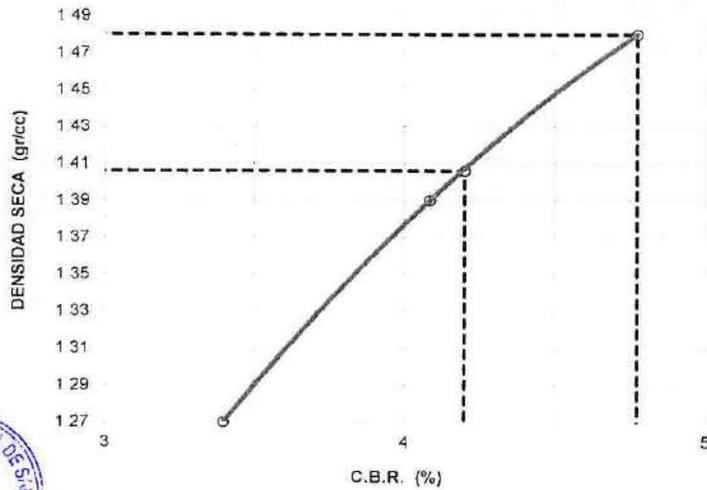
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA:	C-04, ESTRATO 3, PROG. 0+600	TEC. RESPON.S.: PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.S.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZO	FECHA: 18/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C B R

C B R 01" AL 100% = 4.8%
C B R 01" AL 95% M.D.S = 4.2%

LEYENDA

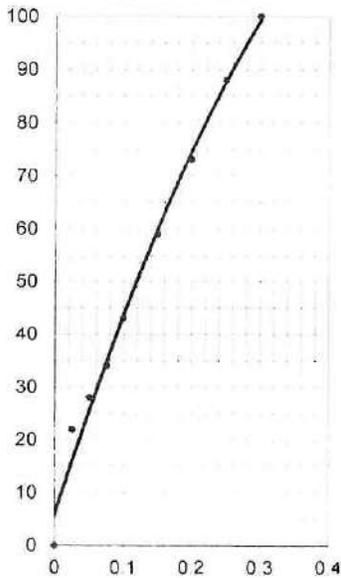
— CURVA A 0.1"

C B R 0.1"= 4.8%

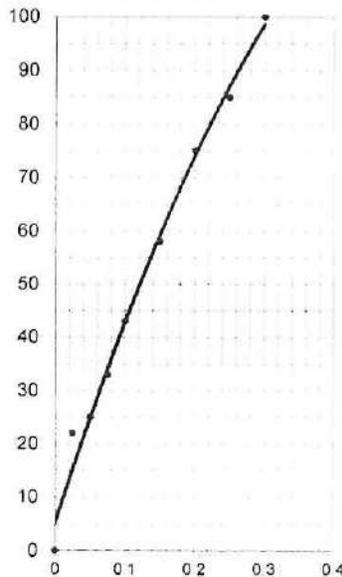
C B R 0.1"= 4.1%

C B R 0.1"= 3.4%

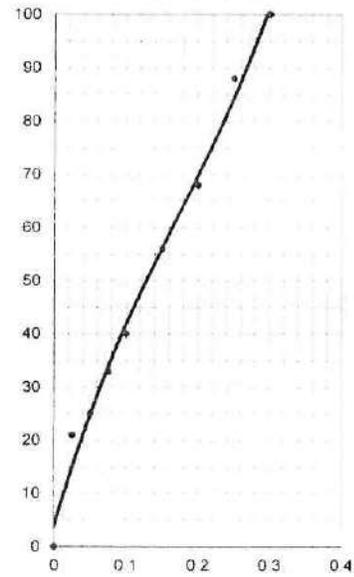
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CIMENTACIONES Y PAVIMENTOS

Oscar Zamata Benique
BACH. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

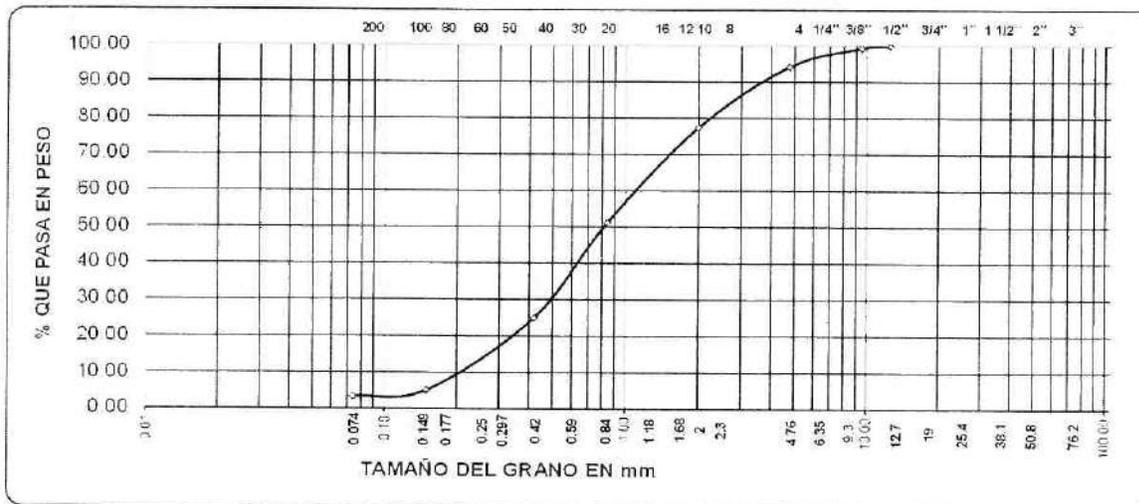
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-05 ESTRATO 3 PROG 0+950
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION
 UBICACIÓN: AV CIRCUNVALACION - CARRILIZO

TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 FECHA: 18/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76.200						Peso Inicial 1346 Grs
2 1/2"	63.000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50.000						Grava 5.80 %
1 1/2"	38.100						Arena 90.90 %
1"	25.000						Fino 3.30 %
3/4"	19.100						W natural 10.95 %
1/2"	12.500				100.00		
3/8"	9.500	10.00	0.70	0.70	99.30		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4.760	68.00	5.10	5.80	94.20		Límite Líquido N.P %
No 10	2.000	226.00	16.80	22.60	77.40		Límite Plástico N.P %
No 20	0.840	352.00	26.20	48.80	51.20		Índice Plástico N.P %
No 40	0.420	353.00	26.20	75.00	25.00		
No 100	0.150	268.00	19.90	94.90	5.10		CLASIFICACIÓN
No 200	0.075	24.00	1.80	96.70	3.30		SUCS SP
No 250	0.075	123.00	3.30				AASHTO A-1-b(0)

REPRESENTACIÓN GRÁFICA TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-05, ESTRATO 3, PROG. 0+950 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ FECHA: 18/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	342.00	306.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	308.00	276.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	34.00	30.00	
PESO DE SUELO SECO	308.00	276.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.04	10.87	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

10.95

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, GEOTECNIA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

 Oscar Zamaya Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA





MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

PROCTOR MODIFICADO

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-05, ESTRATO 3, PROG 0+950 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LAB
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 18/12/2015

ENSAYO N°	1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS	5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA	56	56	56	56

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD

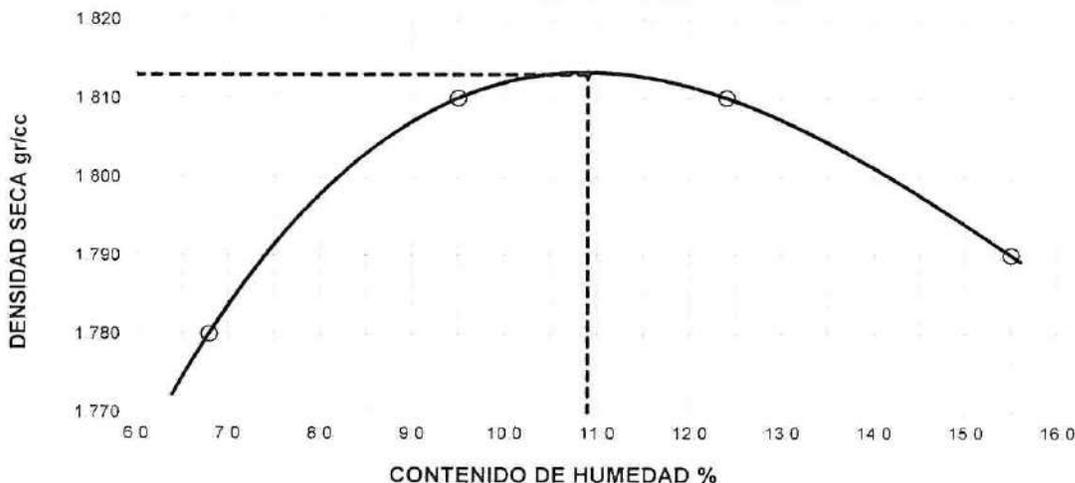
PESO MOLDE+SUELO	Grs	9.978	10.155	10.276	10.345
PESO MOLDE	Grs	5.980	5.980	5.980	5.980
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	3.998	4.175	4.296	4.365
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2,104.9	2,104.9	2,104.9	2,104.9
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.90	1.98	2.04	2.07

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD

RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	234.00	265.00	372.00	336.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	219.00	242.00	331.00	291.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	15.00	23.00	41.00	45.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	219.00	242.00	331.00	291.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	6.80	9.50	12.40	15.50
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.78	1.81	1.81	1.79

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) 1.813
 CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%) 10.90

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
JULIACA

Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTÉCNICA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS

Oscar Vilca Benique
INGENIERO GEÓLOGO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.)

(ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-05 ESTRATO 3, PROG 0+950

TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN

ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.

FECHA: 18/12/2015

Molde N°	1		2		3	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG	SIN SUMERGIR	SUMERG
Peso molde + suelo húmedo	gr	11300		11201		11010
Peso del molde	gr	7073		7185		7213
Peso del suelo húmedo	gr	4227		4016		3797
Volumen del molde	cc	2104.9		2104.9		2104.9
Densidad Humeda	gr/cc	2.01		1.91		1.8
Humedad	%	10.80		10.90		11.00
Densidad seca	gr/cc	1.81		1.72		1.62
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	309		408		322
Tarro suelo seco	gr	279		368		290
Agua	gr	30		40		32
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	279		368		290
Humedad	%	10.8		10.9		11.0
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m m	%		m m	%		m m	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	6	103	34	4	83	28	3	73	24
1.00	1.300	0.50	12	164	55	8	124	41	6	103	34
1.30	1.900	0.075	25	294	98	13	174	58	10	144	48
2.00	2.500	0.100	43	475	158	25	294	98	16	204	68
3.00	3.800	0.150	74	786	262	45	495	165	33	374	125
4.00	5.000	0.200	98	1026	342	74	786	262	65	695	232
5.00	6.000	0.250	120	1247	416	105	1097	366	90	946	315
6.00	7.500	0.300	201	2060	687	124	1287	429	109	1137	379
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112254

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOLOGIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zapata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

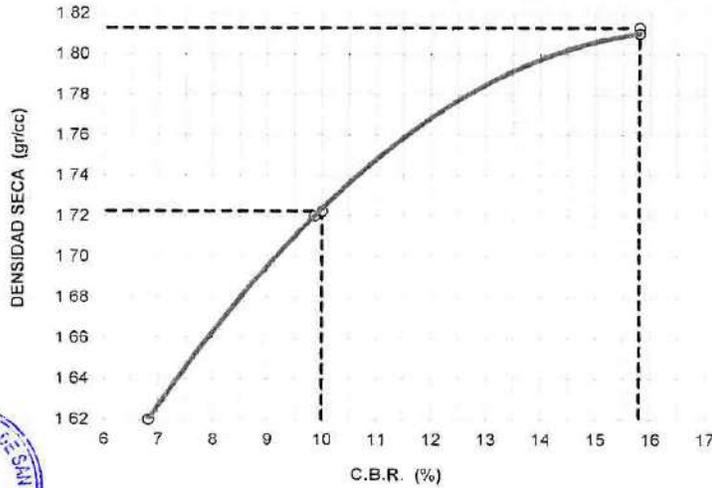
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA:	C-05. ESTRATO 3, PROG D+950	TEC. RESPON.S.:	PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.S.:	CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA:	18/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C B R.

C.B.R 01" AL 100% = 15.8%
 C.B.R. 01" AL 95% M.D.S = 10.0%

LEYENDA

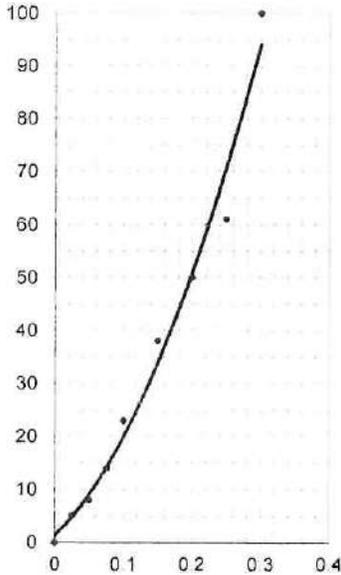
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 15.8%

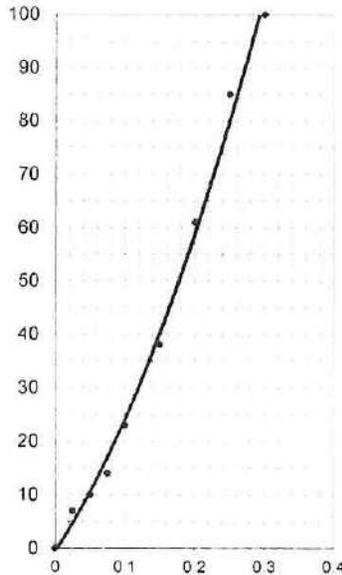
C.B.R 0.1"= 9.9%

C.B.R 0.1"= 6.8%

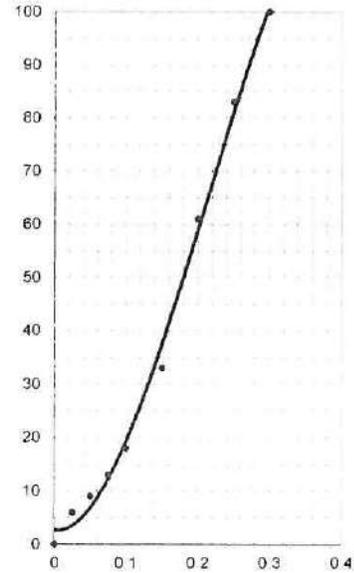
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN

Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS GEOTÉCNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zambrana Benique
 Ing. GEOLÓGICO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

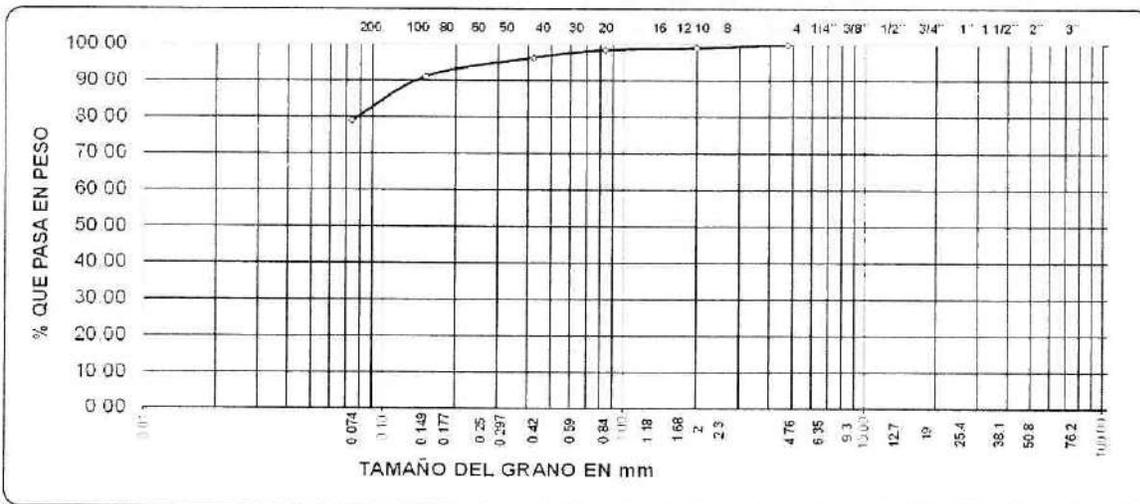
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-06 ESTRATO 3, PROG 1+120
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN
 UBICACION: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZO

TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 FECHA: 18/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76 200						Peso Inicial 776 Grs
2 1/2"	63 000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50 000						Grava 0 00 %
1 1/2"	38 100						Arena 21 00 %
1"	25 000						Fino 79 00 %
3/4"	19 100						W natural 31 95 %
1/2"	12 500						
3/8"	9 500						LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4 760				100 00		Límite Líquido 37 80 %
No 10	2 000	8 00	1 00	1 00	99 00		Límite Plástico 27 72 %
No 20	0 840	4 00	0 50	1 50	98 50		Índice Plástico 10 08 %
No 40	0 420	17 00	2 20	3 70	96 30		
No 100	0 150	40 00	5 20	8 90	91 10		CLASIFICACIÓN
No 200	0 074	94 00	12 10	21 00	79 00		SUCS ML
No 200		613 00	79 00				AASHTO A-4(8)

**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Observaciones

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 Y PAVIMENTOS
 OSCAR GARCÍA BENIQUE
 SUEL. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANE) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO"

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

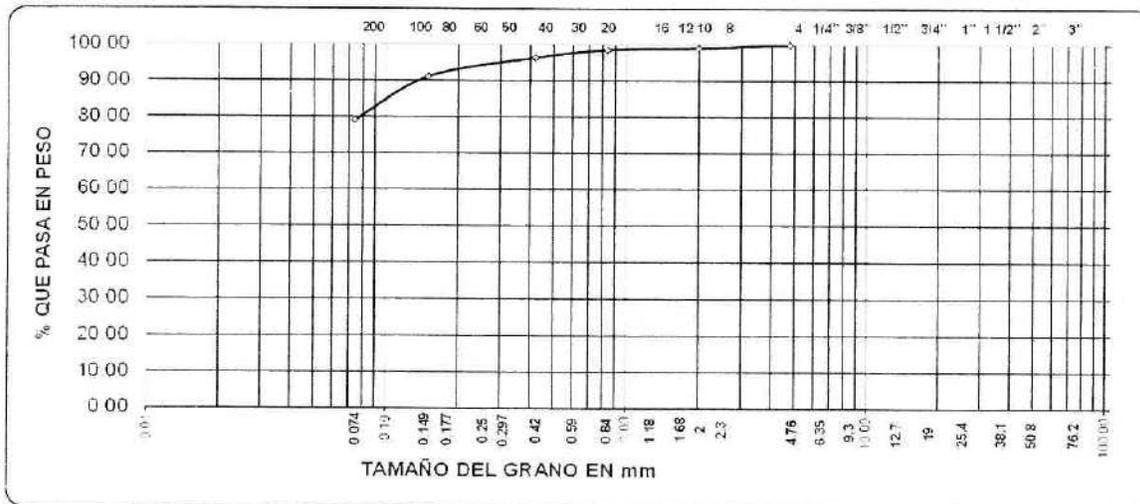
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-06 ESTRATO 3, PROG 1+120
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION
 UBICACION: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ
 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 FECHA: 18/12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76 200						Peso Inicial 775 Grs
2 1/2"	63 000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50 000						Grava 0.00 %
1 1/2"	38 100						Arena 21.00 %
1"	25 000						Fino 79.00 %
3/4"	19 100						W natural 31.95 %
1/2"	12 500						
3/8"	9 500						
LIMITES DE CONSISTENCIA							
No 04	4 760				100.00		Limite Líquido 37.80 %
No 10	2 000	8.00	1.00	1.00	99.00		Limite Plástico 27.72 %
No 20	0 840	4.00	0.50	1.50	98.50		Indice Plástico 10.08 %
No 40	0 420	17.00	2.20	3.70	96.30		
No 60	0 250	40.00	5.20	8.90	91.10		
No 80	0 175	94.00	12.10	21.00	79.00		
No 200	0 075	613.00	79.00				
CLASIFICACION							
							SUCS ML
							AASHTO A-4(8)



**REPRESENTACION GRAFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Observaciones

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zamora Benique
 TECN. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-06, ESTRATO 3, PROG. 1+120 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 18/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	211.00	305.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	160.00	231.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	51.00	74.00	
PESO DE SUELO SECO	160.00	231.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	31.88	32.03	

HUMEDAD PROMEDIO (%)	31.95
----------------------	-------

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS

 Oscar Zambrata Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

LÍMITES DE CONSISTENCIA

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 110 - MTC E 111, ASTM D 4318, AASHTO T 89 - T 90

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-06, ESTRATO 3, PROG. 1+120

TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LAB

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN

ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.

FECHA: 18/12/2015

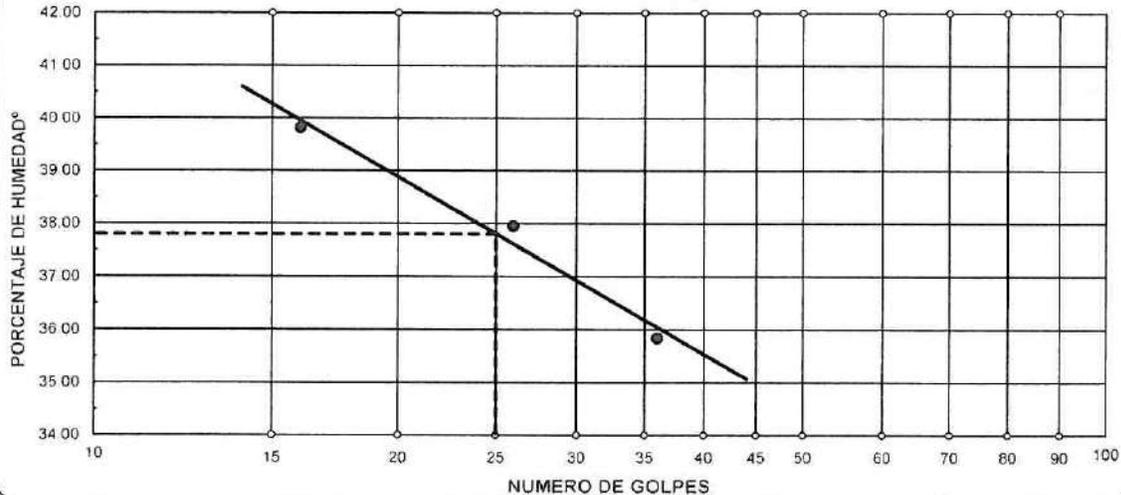
DESCRIPCION		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
01 No DE GOLPES		36	26	16		
02 TARRO No		10	11	5	12T	8T
03 SUELO HUMEDO * TARRO	g	26.52	26.68	26.39	10.76	10.34
04 SUELO SECO * TARRO	g	22.47	22.41	22.01	9.37	8.99
05 PESO DEL AGUA	g	4.05	4.27	4.38	1.39	1.35
06 PESO DEL TARRO	g	11.17	11.16	11.01	4.27	4.20
07 PESO DEL SUELO SECO	g	11.30	11.25	11.00	5.10	4.79
08 HUMEDAD	%	35.84	37.96	39.82	27.25	28.18

L.L.= 37.80 %

L.P.= 27.72 %

I.P.= 10.08 %

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar La Benique
 Ingeniero GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

PROCTOR STANDAR

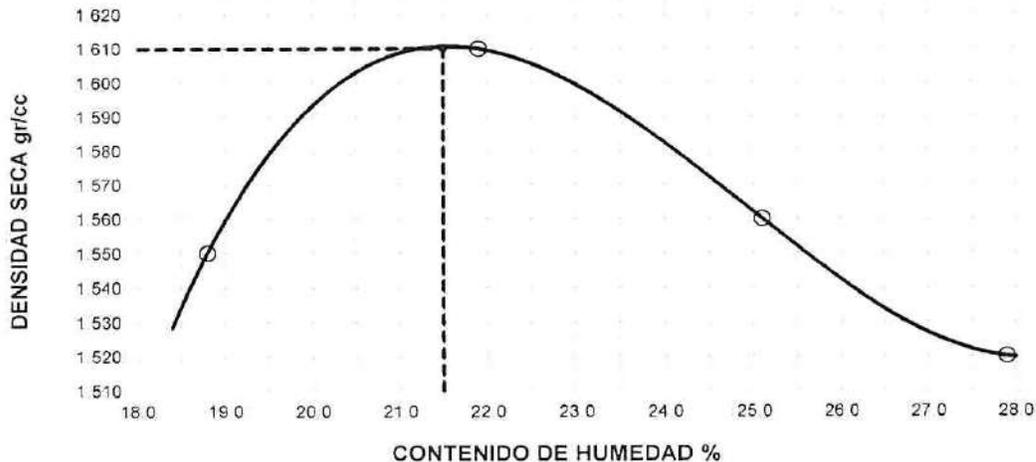
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-06, ESTRATO 3, PROG. 1+120	TEC. RESPON.S.: PERSONAL DE LAB.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.S.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA: 18/12/2015

ENSAYO N°		1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56
DETERMINACIÓN DE DENSIDAD					
PESO MOLDE+SUELO	Grs	5.870	5.980	5.972	5.958
PESO MOLDE	Grs	4.156	4.156	4.156	4.156
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	1.714	1.824	1.816	1.802
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	929.4	929.4	929.4	929.4
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.84	1.96	1.95	1.94
DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	266.00	306.00	224.00	261.00
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	224.00	251.00	179.00	204.00
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DE AGUA	Grs	42.00	55.00	45.00	57.00
PESO DE SUELO SECO	Grs	224.00	251.00	179.00	204.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	18.80	21.90	25.10	27.90
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.55	1.61	1.56	1.52

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.610
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	21.50

GRAFICO DE PROCTOR STANDAR



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y ASFALTOS
 Oscar Zamata Benique
 Bach. ING. GEOTECNIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANE) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

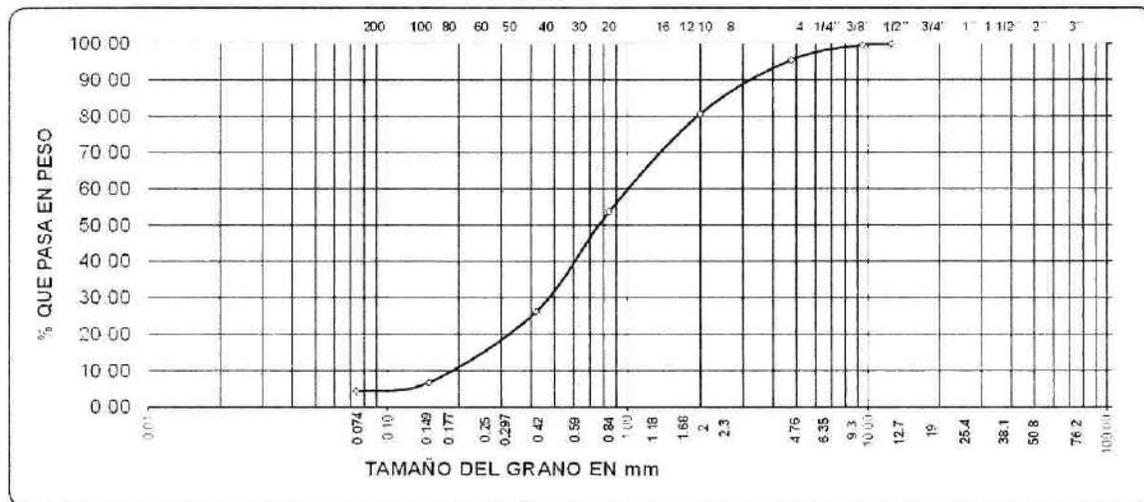
DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA: C-07 ESTRATO 3 PROG 1+400 TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACION: AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ FECHA: 18.12/2015

TAMICES ASTM	ABERTURA mm	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	ESPECIF.	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3"	76 200						Peso Inicial 1250 Grs
2 1/2"	63 000						Peso Fracción 0 Grs
2"	50 000						Grava 4 50 %
1 1/2"	38 100						Arena 91 10 %
1"	25 000						Fino 4 40 %
3/4"	19 100						W natural 8 99 %
1/2"	12 500				100.00		
3/8"	9 500	5.00	0.40	0.40	99.60		LIMITES DE CONSISTENCIA
No 04	4 760	51.00	4.10	4.50	95.50		Limite Liquido N P %
No 10	2 000	186.00	14.90	19.40	80.60		Limite Plástico N P %
No 20	0 840	336.00	26.90	46.30	53.70		Indice Plástico N P %
No 40	0 420	344.00	27.50	73.80	26.20		
No 100	0 150	242.00	19.40	93.20	6.80		CLASIFICACIÓN
No 200	0 074	30.00	2.40	95.60	4.40		SUCS SP
No 200	112.00	4.40					AASHTO A-1-b(0)



**REPRESENTACIÓN GRÁFICA
TAMAÑO DE LAS MALLAS U.S. STANDARD**



Observaciones

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
 JULIACA
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
 Oscar Zúñiga Benique
 M.D. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NORMA (ASTM D-2216)

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-07, ESTRATO 3, PROG. 1+400 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO

MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI

UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ. FECHA: 18/12/2015

METODO SECADO AL HORNO

RECIPIENTE N°	A	B	C
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	300.00	245.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	275.00	225.00	
PESO RECIPIENTE	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	25.00	20.00	
PESO DE SUELO SECO	275.00	225.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.09	8.89	

HUMEDAD PROMEDIO (%)

8.99

OBSERVACIONES:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
 JULIACA

 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
 GEOTECNIA, CIMENTOS Y PAVIMENTOS

 Osca Yaneta Benique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

PROCTOR MODIFICADO

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA C-07, ESTRATO 3, PROG. 1+400	TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LAB.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN AV. CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ.	FECHA: 18/12/2015

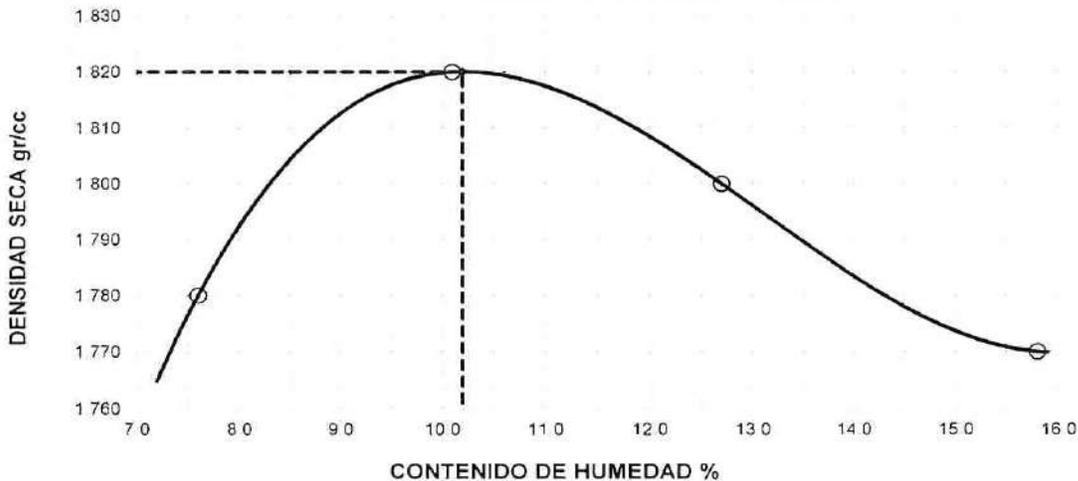
ENSAYO N°		1	2	3	4
NÚMERO DE CAPAS		5	5	5	5
GOLPES DE PISÓN POR CAPA		56	56	56	56

DETERMINACIÓN DE DENSIDAD						
PESO MOLDE+SUELO	Grs	9,999	10,195	10,249	10,285	
PESO MOLDE	Grs	5,980	5,980	5,980	5,980	
PESO SUELO COMPACTADO	Grs	4,019	4,215	4,269	4,305	
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³	2,104.9	2,104.9	2,104.9	2,104.9	
DENSIDAD HUMEDA	gr/cm ³	1.91	2.00	2.03	2.05	

DETERMINACIÓN DE CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE N°		Tz-01	Tz-02	Tz-03	Tz-03	
SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	Grs	226.00	262.00	373.00	329.00	
SUELO SECO + RECIPIENTE	Grs	210.00	238.00	331.00	284.00	
PESO RECIPIENTE	Grs	0.00	0.00	0.00	0.00	
PESO DE AGUA	Grs	16.00	24.00	42.00	45.00	
PESO DE SUELO SECO	Grs	210.00	238.00	331.00	284.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.60	10.10	12.70	15.80	
DENSIDAD SECA	gr/cm ³	1.78	1.82	1.80	1.77	

MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³)	1.820
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA (%)	10.20

GRAFICO DE PROCTOR MODIFICADO



Observaciones:

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN

Calixto Vilca Mamani
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS GEOLÓGIA, CIMENTOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zamata Benique
 Oscar Zamata Benique
 Ing. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

VALOR RELATIVO DE SOPORTE (C.B.R.) (ASTM D-1883)

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: C-07 ESTRATO 3 PROG 1+400 TEC. RESPONS.: PERSONAL DE LABORATORIO
 MUESTRA: TERRENO DE FUNDACIÓN ING. RESPONS.: CALIXTO VILCA MAMANI
 UBICACIÓN AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ FECHA: 18/12/2015

Molde N°	4		5		6	
Capa N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.	SIN SUMERGIR	SUMERG.
Peso molde + suelo húmedo	gr	10820		11209		11000
Peso del molde	gr	6568		7185		7213
Peso del suelo húmedo	gr	4232		4024		3787
Volumen del molde	cc	2104.9		2104.9		2104.9
Densidad Humeda	gr /cc	2.01		1.91		1.8
Humedad	%	10.30		10.30		10.20
Densidad seca	gr /cc	1.82		1.73		1.63
Tarro N°	1		2		3	
Tarro suelo húmedo	gr	311		322		336
Tarro suelo seco	gr	282		292		305
Agua	gr	29		30		31
Peso del Tarro	gr	0		0		0
Peso del suelo seco	gr	282		292		305
Humedad	%	10.3		10.3		10.2
Promedio de la humedad	%					

ENSAYO EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				m.m	%		m.m	%		m.m	%

PENETRACION

PENETRACION			Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²	Lectura Dial	Lectura Lb	Presiones Lb/plg ²
Tiempo	mm	plg									
0.30	0.600	0.25	12	164	55	9	134	45	7	114	38
1.00	1.300	0.50	22	264	88	15	194	65	11	154	51
1.30	1.900	0.075	32	364	121	26	304	101	18	224	75
2.00	2.500	0.100	44	485	162	30	344	115	24	284	95
3.00	3.800	0.150	58	625	208	42	465	155	38	424	141
4.00	5.000	0.200	68	725	242	55	595	198	44	485	162
5.00	6.000	0.250	89	936	312	69	735	245	57	615	205
6.00	7.500	0.300	123	1277	426	100	1046	349	87	916	305
8.00	10.000	0.400									
10.00	12.500	0.500									



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN

Calixto Vilca Mamani
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zambata Boarique
 Oscar Zambata Boarique
 Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

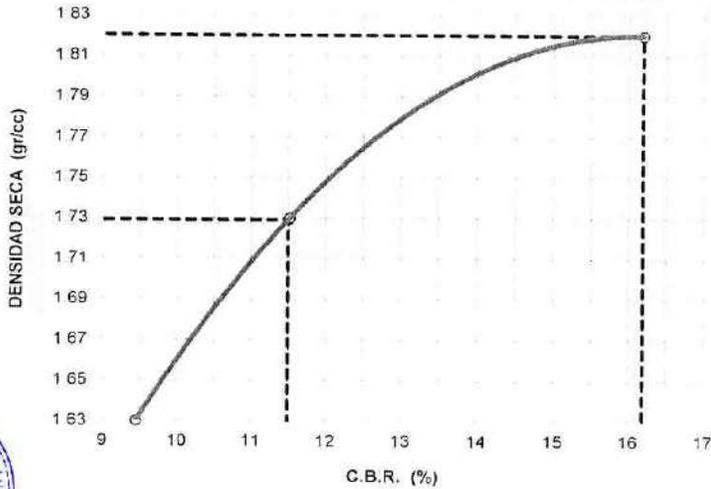
"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMETOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA:	C-07, ESTRATO 3, PROG 1+400	TEC. RESPON.: PERSONAL DE LABORATORIO
MUESTRA:	TERRENO DE FUNDACIÓN	ING. RESPON.: CALIXTO VILCA MAMANI
UBICACIÓN:	AV CIRCUNVALACION - CARRIL IZQ	FECHA: 18/12/2015

GRAFICO DE C.B.R.



PARAMETROS DE C B R

C.B.R 01" AL 100% = 16.2%
 C.B.R 01" AL 95% M.D.S = 11.5%

LEYENDA

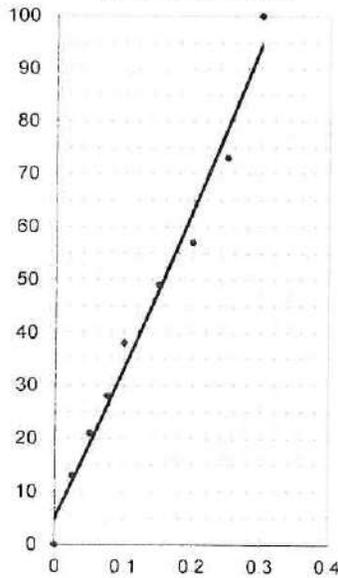
— CURVA A 0.1"

C.B.R 0.1"= 16.2%

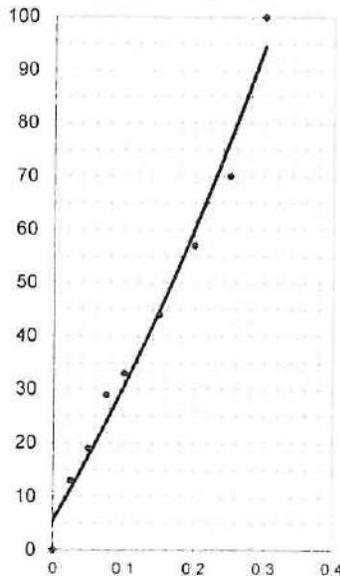
C.B.R 0.1"= 11.5%

C.B.R 0.1"= 9.5%

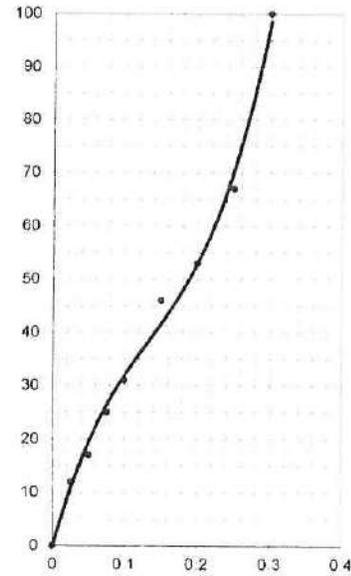
CURVA DE 56 GOLPES



CURVA DE 25 GOLPES



CURVA DE 12 GOLPES



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN

Calixto Vilca Mamani
 Ing. Calixto Vilca Mamani
 Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
 CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Osca Zamata Benique
 Osca Zamata Benique
 INGENIERA GEOLÓGICA



Anexo 3

PERFIL ESTRATIGRAFICO



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CALICATA N° 01 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION ING. RESP.: CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER. - PROG.0+040 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



OBSERVACIONES:
MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
[]: Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
Ing. Calixto Vilca Maza
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
C.I.P. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOLOGÍA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Oscar Zambrana Benique
Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CALICATA N° 02 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION ING. RESP.: CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER. - PROG.0+180 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



OBSERVACIONES:
MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
[] : Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA/CONCRETOS/PAVIMENTOS
Oscar Tamata Benique
Ingeniero Geólogo



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CALICATA N° 03 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION ING. RESP. : CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN : AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER. - PROG.0+360 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



07/12/2015 10:13

OBSERVACIONES:

- MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
Escala gráfica vertical (Equivalente a 0,10 m.)

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN

Ing. Calixto Vilca Mariani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

Oscar Quiata Benique
Especialista en GEOFISICA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANE) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CALICATA N° 04 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION ING. RESP.: CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER. - PROG.0+600 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



OBSERVACIONES:

- MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
: Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Oscar Zamata Benique
Geol. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANtera: CALICATA N° 05 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION ING. RESP. : CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN : AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER. - PROG.0+950 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



OBSERVACIONES:

- MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
[Symbol]: Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN JULIACA
Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS GEOTECNIA, FONCALLOS Y PAVIMENTOS
Oscar Benítez Benique
Bach. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANE) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



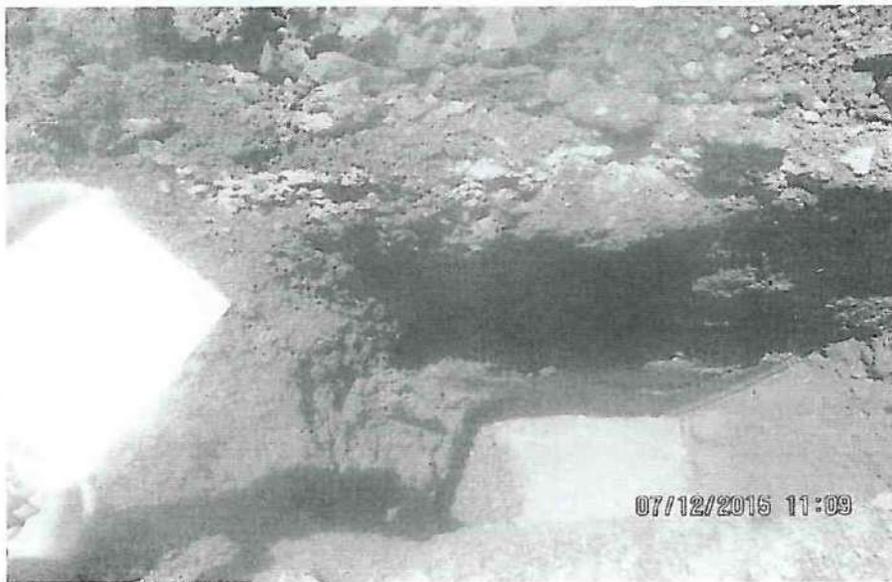
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CALICATA N° 06 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA: TERRENO DE FUNDACION ING. RESP.: CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN: AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER. - PROG. 1+120 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



OBSERVACIONES:

- MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
Ing. Calixto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA Y PAVIMENTOS
Escuela Superior Politécnica de Ingeniería



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN - JULIACA

"MEJORAMIENTO DEL SERVICIO DE TRANSITABILIDAD VEHICULAR Y PEATONAL DE LA AV. CIRCUNVALACIÓN, TRAMO (AV. INDEPENDENCIA - AV. HUANCANÉ) DE LA CIUDAD DE JULIACA - PROVINCIA DE SAN ROMÁN - PUNO".



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS

DATOS DE LA MUESTRA

CANTERA: CALICATA N° 07 TEC. RESP.: PERSONAL DE LABORAT.
MUESTRA : TERRENO DE FUNDACION ING. RESP. : CALIXTO VILCA M.
UBICACIÓN : AV. CIRCUNVALACIÓN, CARRIL IZQ./LADO DER - PROG. 1+400 FECHA: 18/12/2015

PERFIL ESTRATIGRAFICO

Table with columns: ESCALA GRAFICA, PROFUNDIDAD (m), LONG. TRAMO (m), N.F. (m), ESTRATO, CLASIFICACIÓN S.U.C.S., SIMBOLO GRAFICO, DESCRIPCION DEL MATERIAL, MUESTRAS, LIMITES DE ATTERBERG (LL (%), IP (%)), HUMEDAD NATURAL %, C.B.R. AL 100 %.



OBSERVACIONES:

- MI: Muestra inalterada
MA: Muestra alterada
MNC: Muestra no conseguida
[]: Escala gráfica vertical (Equivalente a 0.10 m.)

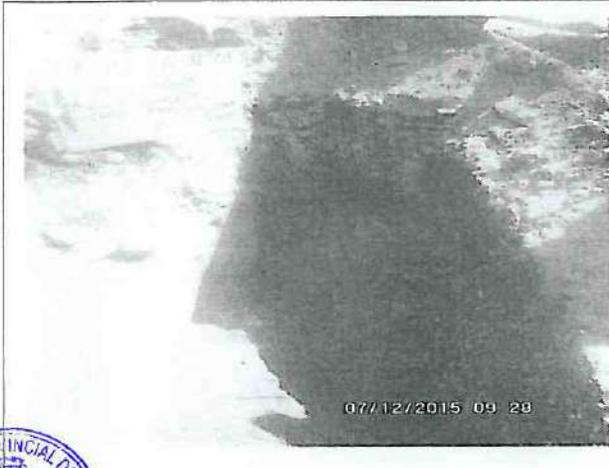
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMÁN
Ing. Calixto Vilca Mantani
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
Osca Zambora Benique
ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN-JULIACA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Pavimentos



FOTOS CALICATA C-01



FOTOS CALICATA C-02



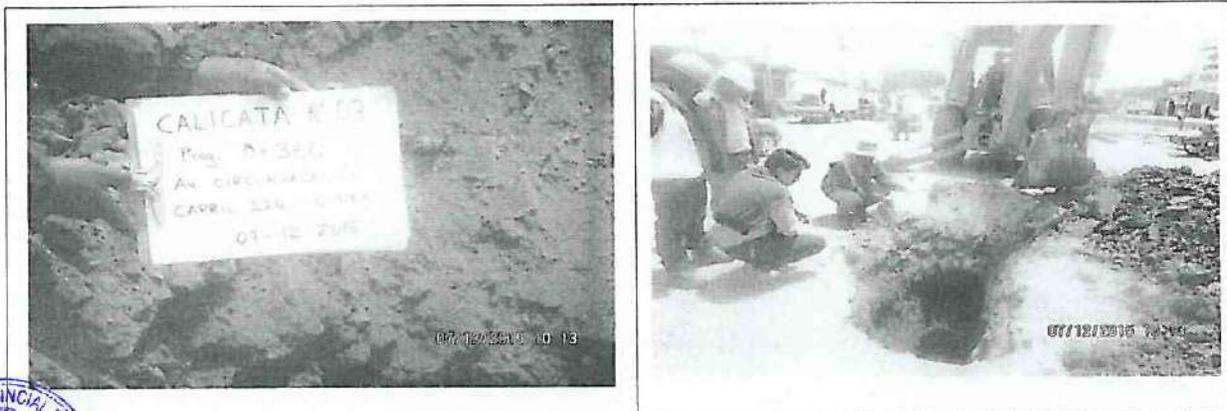
MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE
[Signature]
Ing. Carito Vilca Mayta
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
[Signature]
Oscar Zamora Benique
BACH. ING. GEOLOGIA

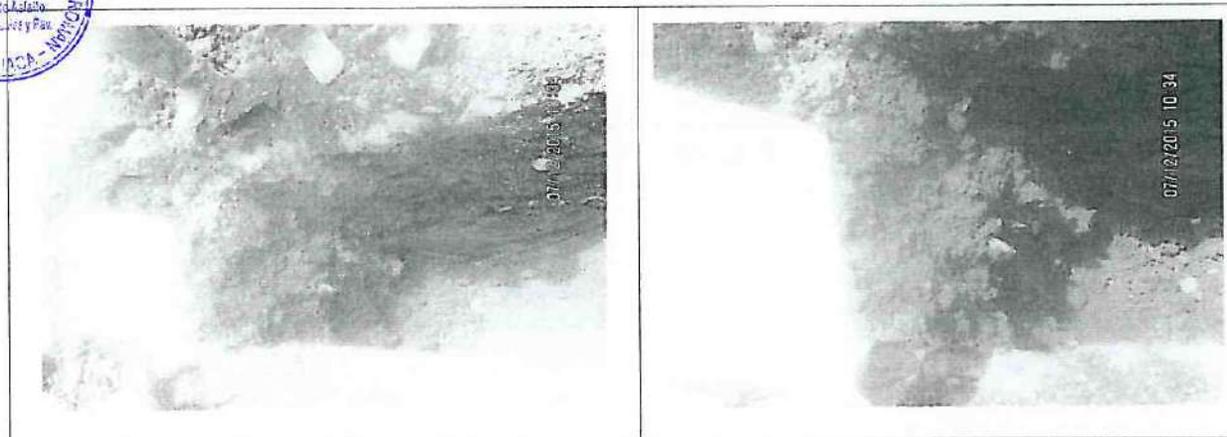


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN-JULIACA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Pavimentos



FOTOS CALICATA C-03



FOTOS CALICATA C-04



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
JULIACA

Cahixto Vilca Manzan
Ing. Cahixto Vilca Manzan
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

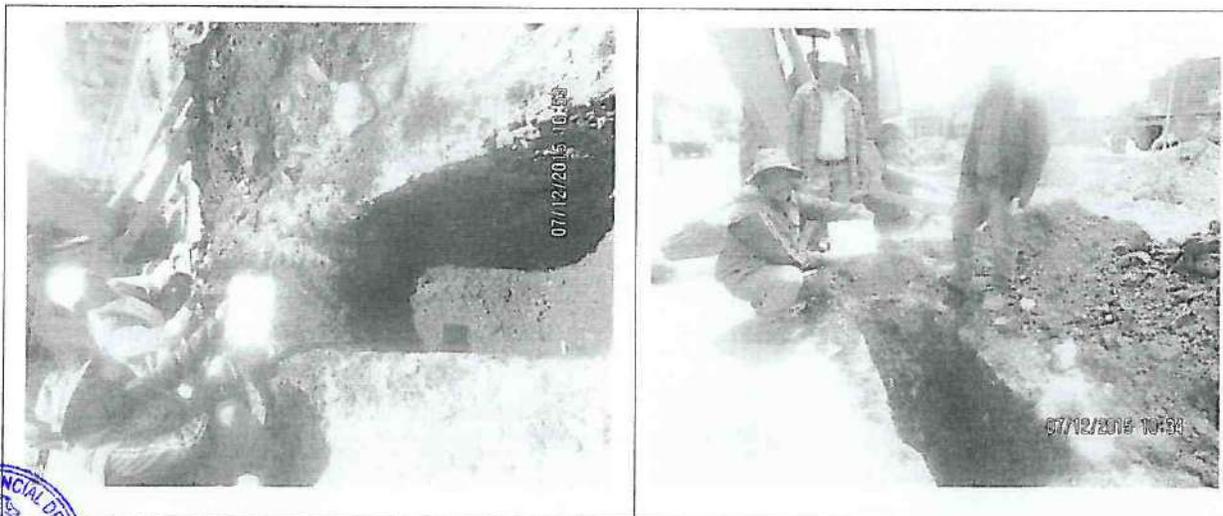
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

Oscar Zamora Benique
Oscar Zamora Benique
Bach. ING. GEOLOGIA

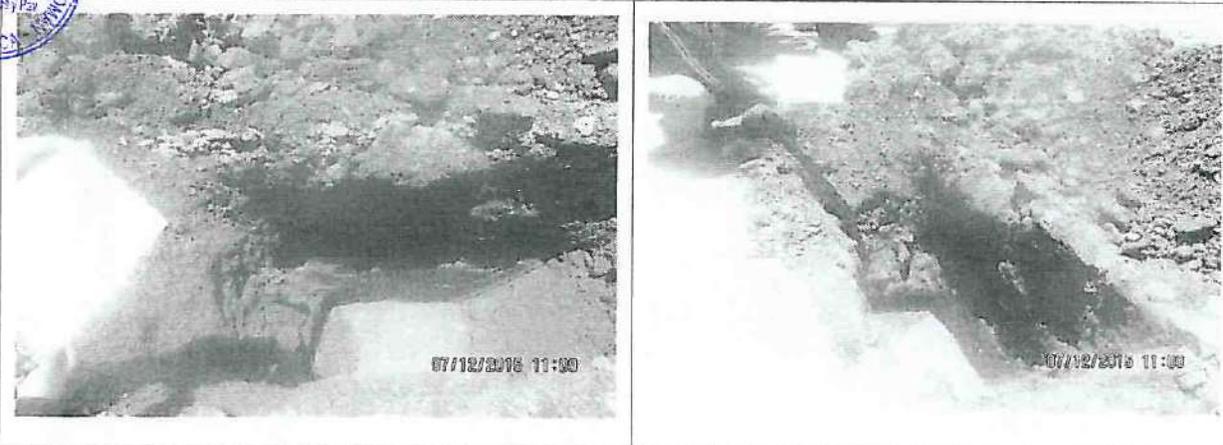


MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN-JULIACA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Pavimentos



FOTOS CALICATA C-05



FOTOS CALICATA C-06



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
Juliaca
[Signature]
Ing. Carlos Vilca Mamani
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
GEOTECNIA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
[Signature]
Oscar Zampeta Benique
P.E.N. ING. GEOLOGIA



MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN-JULIACA

Laboratorio de Mecánica de Suelos y
Pavimentos



FOTOS CALICATA C-07

MUNICIPALIDAD PROVINCIAL DE SAN ROMAN
JULIACA
[Signature]
Ing. Calisto Vilca Mamani
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Pavimentos
CIP. 112154

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
GEOTECHNICA, CONCRETOS Y PAVIMENTOS
[Signature]
Oscar Zamata Benique
Bach. ING. GEOLOGIA

