



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

## **FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

**“MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL  
ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB –  
RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO  
TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:  
INGENIERO CIVIL**

**AUTOR:**

**MARCO ANTONIO, CABANA VALVERDE**

**ASESOR:**

**Ing. RAFAEL ESCUDERO ESCUDERO**

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

**DISEÑO DE INFRAESTRUCTURA VIAL**

**HUARAZ – PERÚ**

**2017**

## PÁGINA DE JURADO

Los miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo damos conformidad para la sustentación de la Tesis titulada "MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017" la misma que debe ser defendida por el tesista aspirante a obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Huaraz, 15 de diciembre de 2017



Mg. VICTOR ROLANDO ROJAS SILVA



Ing. RAFAEL ESCUDERO ESCUDERO

SECRETARIO



Mg. MARIN CUBAS PERCY LETHELIER

VOCAL

## **DEDICATORIA**

A Dios por guiarme por buen camino y permitirme llegar al punto final de mi carrera dándome salud y fuerzas para lograr mis objetivos sin perder la iniciativa de seguir adelante.

A mis padres Rosario Y Jeremías, por su apoyo, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles y por la disponibilidad con los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, principios, carácter, empeño y perseverancia para conseguir mis objetivos

A mi hermano y familia en general por estar siempre presentes, acompañándome para poderme realizar.

Finalmente a la memoria de mi abuelo Antonio Cabana quien siempre me motivo para estudiar y salir adelante.

**EL AUTOR**

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar a Dios, por llevarme a su lado a lo largo de esta vida siempre llenándome de alegría y gozo.

Especialmente agradezco a mis padres, por sus enseñanzas y por el sacrificio que hicieron por mí durante toda mi carrera profesional.

A mi asesor, el Ingeniero Rafael Escudero Escudero por sus ideas y recomendaciones que sirvieron para la culminación de este tema de investigación.

Al técnico de laboratorio Víctor Hugo Villanueva Najarro, quien fue mi co asesor, muchas gracias por su amistad y apoyo incondicional, así como por brindarme sus conocimientos para el desarrollo de la presente tesis.

A mi Docente metodólogo el Dr. Fernando Vega Huincho, muchas gracias por su asesoramiento, por el conocimiento transmitido, su comprensión y apoyo para culminar la presente tesis.

Por ultimo quiero agradecer a todas aquellas personas y a mi amigo Carlos Illanes obregón que sin esperar nada a cambio compartieron pláticas, conocimientos y diversión.

El autor

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Marco Antonio Cabana Valverde, estudiante de Ingeniería civil, de la Escuela profesional de Ingeniería de la Universidad Cesar Vallejo, identificado con DNI N° 72489839, con la tesis titulada **"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"**.

Declaro bajo juramento que

1. La tesis es de mi autoría.
2. La tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas.
3. La tesis no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional
4. Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falsificados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo de investigación haya sido publicado anteriormente, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Huaraz, 15 de diciembre del 2017



Cabana Valverde Marco Antonio

DNI N° 72489839

## **PRESENTACIÓN**

### **Señores miembros del jurado:**

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo presento ante ustedes la tesis titulada “MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017”.

El documento está conformada por VII capítulos dispuestos por el reglamento de la Universidad Cesar Vallejo. En el Capítulo I se encuentra la introducción con el marco teórico, justificación y objetivos de la investigación, en el Capítulo II se encuentra la metodología de la investigación, en el Capítulo III se detallan los resultados de la tesis, el Capítulo IV comprende la discusión de los resultados, en el Capítulo V se establecen las conclusiones, asimismo en el Capítulo VI se mencionan las recomendaciones, y por último el Capítulo VII dispuesto para las referencias bibliográficas. La misma que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

### **EL AUTOR**

## INDICE

<b>PÁGINA DE JURADO</b> .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>
<b>DEDICATORIA</b> .....	iii
<b>AGRADECIMIENTO</b> .....	iv
<b>DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD</b> .....	iv
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	v
<b>RESUMEN</b> .....	xiv
<b>ABSTRACT</b> .....	xvi
<b>I. INTRODUCCION</b> .....	18
<b>1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA</b> .....	18
<b>1.2. TRABAJOS PREVIOS</b> .....	19
1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	19
1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES .....	20
1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES .....	22
<b>1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA</b> .....	22
1.3.1. DEFINICION DE CARRETERAS .....	22
1.3.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS.....	25
1.3.3. PAVIMENTOS .....	26
1.3.4. ESTABILIZACION DE SUELOS .....	31
1.3.5. ESTABILIZACION CON CAL.....	35
1.3.6. ANALISIS PREVIOS DE LOS SUELOS .....	38
1.3.7. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA CAL .....	39
1.3.8. ESTABILIZACION DE LA SUB – RASANTE CON CAL .....	41
<b>1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	42
<b>1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	43
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEORICA.....	43
1.5.2. JUSTIFICCIÓN PRÁCTICA.....	43
<b>1.6. HIPOTESIS</b> .....	44
<b>1.7. OBJETIVOS</b> .....	44
1.7.1. OBJETIVO GENERAL .....	44
1.7.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	44
<b>II. METODOLOGIA</b> .....	45

<b>2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>45</b>
<b>2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.....</b>	<b>47</b>
<b>2.5. POBLACION Y MUESTRA .....</b>	<b>48</b>
2.5.1. POBLACION OBJETIVO .....	49
2.5.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA.....	49
<b>2.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD.....</b>	<b>49</b>
2.6.1. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS ..	49
2.6.2. VALIDACIÓN Y CONFIBILIDAD DE INSTRUMENTOS .....	50
<b>2.7. METODOS DE ANALISIS DE DATOS .....</b>	<b>50</b>
2.7.1. LOCALIZACION Y UBICACIÓN DE LA MUESTRA.....	50
<b>2.8. ASPECTOS ETICOS .....</b>	<b>51</b>
<b>III. RESULTADO .....</b>	<b>52</b>
<b>3.1. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS.....</b>	<b>52</b>
<b>3.2. RESULTADOS SEGÚN OBJETIVOS.....</b>	<b>55</b>
3.2.1. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL.....	55
3.2.2. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO ESPECIFICOS.....	56
<b>3.3. RESULTADOS DESCRIPTIVOS .....</b>	<b>66</b>
3.3.1. OBTENCION DE LAS CARACTERIZTRICAS FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO PATRON, DE LA MEZCLA SUELO- CAL.....	66
<b>3.4. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS REALIZADOS A CADA MUESTRA .</b>	<b>108</b>
<b>IV. DISCUSION.....</b>	<b>111</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>112</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>114</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS.....</b>	<b>115</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>117</b>
<b>ANEXO N°1 MATRIZ DE CONSISTENCIA .....</b>	<b>118</b>
<b>ANEXO N°2 ENSAYOS DE LABORATORIO.....</b>	<b>119</b>
<b>ANEXO N° 3 ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA CARRETERA PARIA – WILCAHUAIN.</b>	<b>158</b>
<b>ANEXO N° 4 PANEL FOTOGRAFICO .....</b>	<b>160</b>
<b>ANEXO N°5 PLANOS.....</b>	<b>171</b>

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Clasificación del sistema vial por tipo de red y superficie de rodadura.....	24
Tabla 2 Clasificación del sistema vial del Departamento de Ancash por tipo de Red y Superficie de Rodadura.....	24
Tabla 3 Categorías de la Sub - Rasante según su CBR .....	27
Tabla 4 Número de calicatas para la exploración de suelos .....	28
Tabla 5 Número de ensayos de relación de soporte (CBR) según el tipo de carretera.....	29
Tabla 6 Permeabilidad según textura del suelo.....	33
Tabla 7 Suelos Estabilizados con Cal de acuerdo a la Clasificación SUCS.....	35
Tabla 8 Suelos Estabilizados con Cal de acuerdo a la Clasificación AASHTO .....	36
Tabla 9 Técnicas e Instrumentos Para Recolección de datos.....	50
Tabla 10 Resumen de resultados de Mejora de Resistencia de los Suelos de la carretera PARIA - WILCAHUAIN.....	55
Tabla 11 Resumen de resultados del Contenido de Humedad .....	56
Tabla 12 Resumen de resultados del Ensayo Granulométrico .....	57
Tabla 13 Resumen de resultados de los Límites de Consistencia .....	58
Tabla 14 Clasificación de Suelos .....	59
Tabla 15 Análisis de PH con Cal Hidratada para un Suelo de Estrato Arena Arcillosa (SC).....	60
Tabla 16 Análisis de PH con Cal Hidratada para un suelo de Estrato Arcilla Inorgánica (CL).....	61
Tabla 17 Resumen de resultados del Proctor Modificado al Suelo Patrón.....	62
Tabla 18 Resumen de resultados del Ensayo de CBR al Suelo Patrón .....	62
Tabla 19 Resumen de resultado del Ensayo Proctor Modificado a la Mezcla Suelo - Cal.....	63
Tabla 20 Resumen de resultados del Ensayo CBR a la Mezcla Suelo - Cal.....	64
Tabla 21 Cantidad de cal por área para un suelo "SC" .....	65
Tabla 22 Cantidad de cal por área para un suelo "CL" .....	65
Tabla 23 Costo Estimado de Estabilización con cal para los estratos "SC" Y "CL" en un espesor de 0.15m.....	65

Tabla 24 Contenido de Humedad para el Suelo de Estrato Arena Arcillosa Correspondiente al 1° tramo (C-01).....	67
Tabla 25 Contenido de Humedad para el Suelo de Estrato Arcilloso Correspondiente al 2° tramo (C-02).....	67
Tabla 26 Contenido de Humedad para el Suelo de Estrato Arcilloso Correspondiente al 3° tramo (C-03).....	68
Tabla 27 Granulometría para el Suelo de Estrato Arena Arcillosa (C-01) .....	70
Tabla 28 Granulometría para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-02).....	71
Tabla 29 Granulometría para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-03).....	72
Tabla 30 Contenido de Porcentaje por Material .....	73
Tabla 31 Limite Liquido Y Limite Plástico de la Muestra del 1° tramo (C-01).....	75
Tabla 32 Resumen de resultados de Limites de Consistencia del 1° tramo (C-01) ..	75
Tabla 33 Limite Liquido Y Limite Plástico de la Muestra del 2° tramo (C-02).....	76
Tabla 34 Resumen de resultados de Limites de Consistencia del 2° tramo (C-02) ..	76
Tabla 35 Limite Liquido Y Limite Plástico de la Muestra del 3° tramo (C-03).....	77
Tabla 36 Resumen de resultados de Limites de Consistencia del 3° tramo (C-03) ..	77
Tabla 37 Comparación de los Limites de Consistencia con la Norma.....	78
Tabla 38 Comparación del Índice de Plasticidad con la Norma .....	78
Tabla 39 Elección del Método de Compactación .....	80
Tabla 40 Proctor Modificado del Suelo Natural "SC" del 1° tramo (C-01) .....	82
Tabla 41 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" del 2° tramo (C-02).....	83
Tabla 42 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" del 3° tramo (C-03).....	84
Tabla 43 Proctor Modificado del Suelo Natural "SC" + 2% de Cal del (1° tramo C- 01) .....	85
Tabla 44 Proctor Modificado del Suelo Natural "SC" + 8% de Cal del (1° tramo C- 01) .....	86
Tabla 45 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" + 2% de Cal del (3° tramo C- 03) .....	87
Tabla 46 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" + 4% de Cal del (3° tramo C- 03) .....	88
Tabla 47 Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado .....	89
Tabla 48 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "SC" (1° tramo C-01) .....	92

Tabla 49 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "SC" + 2% de Cal (1° tramo C-01).....	94
Tabla 50 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "SC" + 8% de Cal (1° tramo C-01).....	96
Tabla 51 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" (2° tramo C-02).....	98
Tabla 52 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" (3° tramo C-03).....	100
Tabla 53 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" + 2% de Cal (3° tramo C-03).....	102
Tabla 54 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" + 4% de Cal (3° tramo C-03).....	104
Tabla 55 CBR al 100% y 95% de la M.D.S .....	106
Tabla 56 Estado del CBR de Suelo de Estrato Arena Arcillosa y Arcilla Inorgánica descripción .....	107
Tabla 57 Resumen de Resultados de Ensayos de la C-02 (M-01) Natural .....	108
Tabla 58 Resumen de Resultados de Ensayos de la C- 01 (M-01) Natural y Estabilizada .....	109
Tabla 59 Resumen de Resultados de Ensayos de la C- 03 (M-01) Natural y Estabilizada .....	110
Tabla 60 Calculo del IMDS de la Carretera No Pavimentada PARIA - WILCAHUAIN .....	158
Tabla 61 Calculo del IMDA de la Carretera no Pavimentada PARIA - WILCAHUAIN .....	159

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1	Diseño de Ingeniería .....	54
Figura 2	Variación del pH del suelo SC con respecto al % de Cal .....	60
Figura 3	Variación del pH del suelo CL con respecto al % de Cal .....	61
Figura 4	Análisis del Contenido de Humedad de las Muestras Analizadas.....	68
Figura 5	Curva Granulométrica para el Suelo de Estrato Arena Arcillosa (C-01).....	70
Figura 6	Curva Granulométrica para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-02) .....	71
Figura 7	Curva Granulométrica para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-03) .....	72
Figura 8	Clasificación de las Muestras según Material Presente .....	73
Figura 9	Diagrama de Fluidez de la Muestra del 1° tramo (C-01) .....	75
Figura 10	Diagrama de Fluidez de la Muestra del 2° tramo (C-02) .....	76
Figura 11	Diagrama de Fluidez de la Muestra del 3° tramo (C-03) .....	77
Figura 12	Variación del Limite Liquido respecto a la Norma .....	78
Figura 13	Variación del Índice de Plasticidad respecto a la Norma.....	79
Figura 14	Curva de Compactación del Suelo Natural "SC" del 1° tramo.....	82
Figura 15	Curva de Compactación del Suelo Natural "CL" del 2° tramo .....	83
Figura 16	Curva de Compactación del Suelo Natural "CL" del 3° tramo .....	84
Figura 17	Curva de Compactación del suelo natural "SC"+ 2% de Cal (1°tramo C-01) .....	85
Figura 18	Curva de Compactación del suelo natural "SC"+ 8% de Cal (1° tramo C-01).....	86
Figura 19	Curva de Compactación del suelo natural "CL"+ 2% de Cal (3°tramo C-03).....	87
Figura 20	Curva de Compactación del suelo natural "CL"+ 4% de Cal (3°tramo C-03).....	88
Figura 21	Variación de la M.D.S con respeto al Estabilizador Cal .....	89
Figura 22	Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "SC" (1° tramo C-01) .....	93
Figura 23	Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "SC" + 2% de Cal (1° tramo C-01).....	95

Figura 24 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "SC" + 8% de Cal (1° tramo C-01).....	97
Figura 25 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" (2° tramo C-02).....	99
Figura 26 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" (3° tramo C-03).....	101
Figura 27 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" + 2% de Cal (3° tramo C-03) .....	103
Figura 28 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" + 4% de Cal (3° tramo C-03) .....	105
Figura 29 Variación del CBR natural con Respecto al % de Adición de la Cal.....	106
Figura 30 Situación Actual de la carretera Paria - wilchuain , Presencia de deterioros a lo largo del tramo, falta de sistema de drenaje .....	160
Figura 31 Levantamiento Topográfico de la Carretera PARIA - WILCAHUAIN.....	161
Figura 32 Estudio de Trafico de la Carretera PARIA - WILCAHUAIN .....	162
Figura 33 Exploración de Calicatas y Muestreo de los Estratos encontrados con ayuda del Técnico de laboratorio.....	163
Figura 34 Ejecución del Ensayo de Contenido de Humedad .....	164
Figura 35 Ejecución del Ensayo de Granulometria .....	164
Figura 36 Ejecución del Ensayo de Limite Liquido .....	165
Figura 37 Ejecución del Ensayo de Limite Plastico .....	165
Figura 38 Determinación del PH, para obtener la cantidad optima de cal estabilizante .....	166
Figura 39 Preparación de mezclas suelo - cal para los ensayos de Proctor Modificado y CBR.....	167
Figura 40 Ejecución del Ensayo Proctor Modificado realizados a la Muestra patrón y a la Muestra suelo-cal.....	168
Figura 41 Ejecución del Ensayo de Compactación CBR alas Muestras CL Y SC en estado natural y mezcla suelo-cal .....	169
Figura 42 Determinación de la expansión de cada muestra .....	170
Figura 43 Ejecución del Ensayo Penetración CBR .....	170

## RESUMEN

La presente investigación pretende verificar la Mejora de las propiedades mecánicas del suelo de la Sub – Rasante de baja capacidad de soporte mediante la estabilización química de suelos utilizando Cal Hidratada, para posterior construcción de carreteras que aseguren un adecuado nivel de serviciabilidad de la misma.

Se tomó como muestra parte de la Sub – Rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria – Wilcahuain en el Departamento de Ancash, Provincia de Huaraz, distrito de Independencia, se elaboraron tres calicatas para obtener las muestras representativas que posteriormente fueron analizadas de manera funcional mediante los diferentes ensayos de laboratorio en base a lo que indica las normas técnicas peruanas. Dichos ensayos se realizó en el laboratorio de Suelos, Concreto y Asfalto VH Laboratorio E.I.R.L, y en el laboratorio de la facultad de ingeniería civil.

La Sub – Rasante analizada se dividió en tres tramos según características físicas de la carretera, el primer tramo presento un suelo de estrato Arena arcillosa de plasticidad baja con poca grava, el segundo y el tercero presentaron un suelo de estrato Arcilla Inorgánica con arena y poca grava, estos suelos presentaban baja capacidad de soporte con un CBR inferior al 10% por lo tanto se tienen dos alternativas establecidas por el MTC el de mejorar este suelo, o cambiar el suelo de fundación con material adecuado, para esta investigación se optó por la primera solución dado por el MTC.

Para la elección del estabilizador nos basamos en las características físicas de cada una de las muestras analizadas en donde estas presentaban material arcilloso, lo cual según el MTC para este tipo de suelos el producto químico que mejor se adapte es la Cal Hidratada y es por ello que se eligió la estabilización suelo – cal en sus diferentes proporciones.

Para poder determinar la cantidad optima de cal estabilizante se tuvo que realizar ensayos de comportamiento como es el ensayo Proctor modificado y CBR,

además se hizo ayuda del método de EADES Y GRIM, ensayo establecido por la norma CE.020 estabilización de Suelos y Taludes.

Finalmente se comprobó que la mezcla de la CAL HIDRATADA con los suelos en estudio, presentaron un mejor comportamiento que el suelo natural en donde el CBR de la calicata 01 incremento su resistencia hasta un 12 % con la cantidad de cal de 8% con respecto al peso del suelo seco, y la calicata 03 aumento su resistencia hasta un 28% con tan solo 4% del estabilizante químico cal. y por ende de estos resultados se puede concluir que el suelo de la carretera PARIA – WILCAHUAIAN puede ser empleado como capa de Sub - Base o Sub – RASANTE Mejorada para pavimentos

Palabras Claves: CBR, Proctor Modificado, Sub – Rasante, Cal Hidratada.

## **ABSTRACT**

The present investigation intends to verify the Improvement of the mechanical properties of the sub - grade ground of low support capacity through the chemical stabilization of soils using Hydrated Lime For later construction of roads that assure an adequate level of serviceability of the same.

Sampling was taken as part of the sub - grade of the unpaved road of low transit Paria - Wilcahuain in the Department of Ancash, Province of Huaraz, district of independence, three pits were prepared to obtain the representative samples that were later analyzed in a way functional through the different laboratory tests based on what Peruvian technical standards indicate. Said tests were carried out in the Laboratory of Soils, Concrete and Asphalt VH Laboratory E.I.R.L and in the laboratory of the Faculty of Civil Engineering.

The Sub - Grain analyzed was divided into three sections according to the physical characteristics of the road, the first section presented a clay stratum floor of low plasticity with little gravel, the second and third presented a floor layer of Inorganic Clay with sand and little gravel, these soils had low support capacity with a CBR lower than 10%, therefore there are two alternatives established by the MTC to improve this soil, or change the foundation soil with adequate material, for this investigation the first solution given by the MTC

For the choice of stabilizer we based on the physical characteristics of each of the samples analyzed where they presented clay material, which according to the MTC for this type of soil the chemical that best suits is hydrated lime and that is why that the soil - lime stabilization in its different proportions was chosen.

In order to determine the optimum amount of stabilizing lime, behavioral tests such as the modified proctor and CBR test were carried out, and the EADES Y GRIM method was also used. This test was established by the standard CE.020 Soil stabilization and Slopes

Finally, it was found that the mixture of the HYDRAULIC CAL with the studied soils, show a better behavior than the natural soil where the CBR of the pit

increased its resistance up to 12% with the amount of lime of 8% with respect to the dry soil weight, and the pit 03 increased its resistance up to 28% with only 4% of the stabilizer lime. and therefore of these results it can be said that the soil of the PARIA - WILCAHUAIAN road can be used as a layer of Sub - Base or Sub - RASANTE Improved for pavements

Key Words: CBR, Modified Proctor, Sub - Flush, Hydrated Lime

## **I. INTRODUCCION**

### **1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA**

“En la actualidad el Perú cuenta con 165,692.4 km de carretera entre ellas se encuentran las que están pavimentadas y no pavimentadas, de lo cual el 84.76 % corresponden a carreteras no pavimentadas” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

En los últimos años se ha observado que a nivel nacional las carreteras no pavimentadas de bajo tránsito han tenido poca solución a sus problemas, en la actualidad ya se cuenta con materiales y productos químicos para darle un mejor tratamiento a la superficie de rodadura y un mejoramiento de la capacidad de soporte de las capas que conforman estas carreteras, siendo esta una solución para darle mayor durabilidad a las vías que permitirán una mejor transitabilidad vehicular y peatonal.

La carretera PARIA - WILCAHUAIN, tiene un tramo de longitud de 2+207.49 km aproximadamente, presenta una superficie de rodadura no pavimentada.

La sub – rasante de la carretera en estudio está formado por los suelos más desfavorables, con características de arenas arcillosas y arcillas con plasticidad baja a media, poco compactas con una relación de soporte (CBR) baja.

Estos suelos mencionados son regularmente transitables en épocas de sequía, pero por las constantes precipitaciones que se vienen dando en la ciudad de Huaraz y por la falta de mantenimiento de la carretera en estudio hacen que la superficie de rodadura disminuya su resistencia trayendo como consecuencia la formación de baches que dificulta el normal tránsito, creando así una infraestructura vial deficiente con alto grado de deterioro, lo que genera incomodidad en los pobladores de la zona e incrementa los tiempos de recorrido y los costos de operación vehicular.

La carretera PARIA – WILCAHUAIN es de vital importancia ya que es el medio de traslado de los pobladores de CURHUAS y otras

poblaciones aledañas, además esta vía nos permite llegar a diferentes lugares turísticos existentes en la zona.

El presente proyecto de investigación pretende mejorar el tramo en estudio mediante el empleo del estabilizante químico cal aplicado al suelo de la sub - rasante de la carretera no pavimentada PARIA - WILCAHUAIN, con la finalidad de conseguir un mejor nivel de transitabilidad, ya que en la actualidad este método se viene empleando en diferentes carreteras de nuestro país dando buenos resultados.

## **1.2. TRABAJOS PREVIOS**

### **1.2.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES**

Según (Beltrán, Mario 2011) en su tesis “Estabilización de un suelo arcilloso con cal hidratada, para ser utilizada como capa sub - rasante de pavimentos en la colonia San Juan Capistrano de la Ciudad Obregón. México. Tuvo como objetivo la determinación del porcentaje óptimo de cal que se debe agregar al suelo para ser utilizado como capa sub - rasante en la carretera de la ciudad de obregón, El suelo analizado en esta investigación fue una arcilla, la cual no cumplía con los requisitos establecidos por las normas SCT para utilizarse como capa sub - rasante, fue por ello que mediante el uso de cal, se buscó incrementar su capacidad de soporte CBR, cumpliendo con los requerimientos mínimo de la capa de sub - rasante. Llego a la conclusión que al añadir 2.5% de cal en peso al suelo natural, logra aumentar su valor de CBR de 2.20% a 22%, reduce el índice de plasticidad de 21% a 6% y el porcentaje de expansión de 2.79% a 0.99%, por lo que se puede confirmar que el material con suelo-cal a 2.5% mejora la capacidad de soporte de una sub rasante”.

Según (Bustamante, José 2003), en su tesis “Estudio de alternativa para estabilización de suelos con material existente en el camino boquete – Santa Ana. Tuvo como objetivo evaluar desde el punto de vista técnico y económico las alternativas de diseño para el mejoramiento de la capacidad de soporte (CBR) de los suelos

existentes en el camino rural no pavimentado El Boquete – Santa Ana, mediante la estabilización química con cemento portland, Cal Hidratada y Químico Polimérico Base – 2000. Concluyo que la estabilización con cemento logra mayores valores de resistencia, en comparación con la cal, debido a ello porque estos estabilizantes fueron aplicados a suelos de textura gruesa como lo que son SC, SM entre otros quedando está en un segundo plano, debido a que para los contenidos de cal ensayados se alcanzaron menores resistencias”.

Según (Jiménez, Marta 2010), en su tesis “Evaluación de las propiedades mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con cal. Tuvo como objetivo el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos CL, CH Y ML al ser estabilizadas con cal, para su utilización como sub-rasantes, sub-bases y bases en carreteras. Concluyo que las distintas muestras al ser analizadas obtuvieron resultados positivos en su mejoramiento, aumentando su resistencia. Para cada uno de las muestras se agregó el 6% de cal lo cual se obtuvo por el método EADES Y GRIM, la muestra uno aumento su CBR de un 2.5 % a un 64%, en la muestra 2 se vio un aumento considerable de su resistencia al añadirle el estabilizante cal, de un 27% a un 100%. Y en la muestra 3 que correspondía al suelo limo arcilloso al agregarle el 6% de cal este ya no presentaba características arcillosas sino su textura era más un suelo arenoso. Y su porcentaje de resistencia aumento de un 6% hasta un 100%”.

#### 1.2.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Según (Gutiérrez, Carlos 2010), en su tesis “Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de calcio frente al cloruro de magnesio (bichofita). Tuvo como objetivo integrar temas conceptuales, técnicos y complementarios al diseño de las carreteras, también Impulsar y apoyar la conservación de las carreteras para así evitar las deformaciones que se puedan presentar, y causar daños a los vehículos y evitar gastar tanto en la reparación de las mismas. Concluyó que técnica,

económica y ambientalmente el cloruro de magnesio tiene grandes desventajas frente al cloruro de calcio, debido que este producto químico reacciona mejor con suelos finos. Que con las grandes sales los cuales se producen cloruro de calcio ubicado en Huacho y Lima se pueden estabilizar a un bajo costo las carreteras de BVT de la Costa Norte, Centro y Sur del Perú”.

Según (Alarcón, Alfredo 2016), en su tesis “Estabilización de suelo – cal de la sub - rasante de las vías urbanas de la ciudad de Juliaca. Tuvo como objetivos estabilizar el suelo de fundación empleando cal hidratada y diseñar el suelo – cal, para un comportamiento óptimo de la sub-rasante. Concluyó que la estabilización con cal modifica ampliamente las características físicas - mecánicas natural de la sub - rasante existente, mejorando su resistencia de soporte de un 7.80 % a un 36%, reduciendo su condición plástica de un 23.16% a un 6.71% y la estabilidad volumétrica de un 8.65 kg/cm<sup>2</sup> a un 43.5 kg/cm<sup>2</sup>. En el diseño suelo cal, el porcentaje óptimo de cal que se usó para la estabilización fue de 3.50%, que significa en tasa de 15kg/m<sup>2</sup> para suelos arcillosos de tipo CL Y A-7-6”.

Según (García, Anabelén 2015), en su tesis “Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa de Cajamarca, 2015. Tuvo como objetivo la incorporación de cal al suelo natural en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, con la finalidad de aumentar su resistencia y disminuir su plasticidad. Concluyo que el óptimo contenido de cal para el mejoramiento de las propiedades de un suelo limo arcillo es del 8%, disminuyendo de esta manera su plasticidad de un 11.26 % a un 3.64%, y aumentando su resistencia de un 5.40 % a un 8.30% consiguiendo de esta manera una condición buena de suelo para ser usado como subrasante en la construcción de un pavimento”.

### 1.2.3. ANTECEDENTES LOCALES

Al realizar una búsqueda de antecedentes locales, se concluyó que no existen investigaciones respecto al tema.

## 1.3. TEORIAS RELACIONADAS AL TEMA

### 1.3.1. DEFINICION DE CARRETERAS

Para el Manual de Carreteras MTC (2014), la “carretera es una infraestructura de transporte que puede ser pavimentada o no, y está habilitado para la circulación vehicular. En el proyecto de una carretera, el diseño geométrico es la parte más importante ya que a través de él se establece su estructuración, con el propósito de que la vía sea eficaz, segura, cómoda, estética, económica y compatible con el medio ambiente”.

#### 1.3.1.1. CLASIFICACION DE LAS CARRETERAS

Para el Manual de carreteras MTC (2014), la “clasificación de la red vial, se da de acuerdo a diferentes factores, funcionales, de demanda y geográficos, que permiten definir claramente la clase y jerarquización de una vía en el Perú, a fin de permitir el uso de características exactas acordes con la importancia de la carretera en estudio”.

##### a) CLASIFICACION DE CARRETERAS POR SU FUNCION

- Para García (2015, p.6), el “SISTEMA NACIONAL está conformado por carreteras que unen las principales ciudades de la nación con puertos y fronteras, cuya autoridad está a cargo del MTC”.
- Para García (2015, p.6), el “SISTEMA DEPARTAMENTAL está formada por la red vial circunscrita principalmente a la zona de un departamento, cuya autoridad está a cargo de los consejos transitorios de administración regional”.
- Para García (2015, p.6), el “SISTEMA VECINAL O RURAL está conformado por carreteras de carácter local, cuya función es articular las capitales de provincia con capitales de distrito

y centros poblados, cuya autoridad está a cargo de las municipalidades”.

#### b) CLASIFICACION DE CARRETERAS SEGÚN SU DEMANDA

- Para el Manual de Carreteras MTC (2014, p.12), las “AUTOPISTA DE PRIMERA CLASE son carreteras con un IMDA de 6000 veh/día (...)”.
- Para el Manual de Carreteras MTC (2014, p.12), las “AUTOPISTA DE SEGUNDA CLASE Son carreteras con un IMDA entre 4000 y 6000 veh/día (...)”.
- Para el Manual de Carreteras MTC (2014, p.12), las “CARRETERAS DE PRIMERA CLASE son carreteras con un IMDA entre 2000 y 4000 veh/día (...)”.
- Para el Manual de Carreteras MTC (2014, p.12), las “CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE: Son carreteras con IMDA entre 400 y 2000 veh/día (...)”.
- Para el Manual de Carreteras MTC (2014, p.13), las “CARRETERAS DE TERCERA CLASE: Son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día (...)”.
- Para el Manual de Carreteras MTC (2014, p.13), las “TROCHAS CARROZABLES: Son vías transitables, que no alcanzan las características geométricas de una carretera, que por lo general tienen un IMDA menor a 200 veh/día (...)”.

#### 1.3.1.2. SITUACION DEL SISTEMA VIAL DEL PERÚ

El estado actual de la red vial del Perú es un factor directo que influye en los costos de transporte. Las malas condiciones de las carreteras generan ciertos problemas como lo que son, un mayor tiempo de recorrido, mayores gastos en el consumo de combustible y costos de operación vehicular, lo que conlleva a una disminución del crecimiento de la economía. A continuación se presenta en la tabla 1 datos de la distribución del sistema vial del país.

Tabla 1 Clasificación del sistema vial por tipo de red y superficie de rodadura

TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA	SISTEMA DE RED VIAL (KM)			
	Red Vial Nacional	Red Vial Departamental	Red Vial Vecinal	Sub total
PAVIMENTADA	19,682.40	3,672.90	1.898.3	25,253.60
NO PAVIMENTADA	7,000.90	20,719.40	112,718.40	140,438.80
<b>TOTAL</b>	----	----	----	165,692.40

**Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones**

#### 1.3.1.3. INFRAESTRUCTURA VIAL DEL DEPARTAMENTO DE ANCASH

En el informe publicado por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) el 31 de diciembre del 2016, el departamento de Ancash contaba con una Red Vial de 10,821.9 Km, de lo cual 1,894.6 Km pertenece a la Red Nacional, 1,218.6 Km a la Red Departamental y a la Red Vecinal 7,708.6 Km. Datos que son mostrados en la Tabla 2.

Tabla 2 Clasificación del sistema vial del Departamento de Ancash por tipo de Red y Superficie de Rodadura

SISTEMA DE RED VIAL (KM)	TIPO DE SUPERFICIE DE RODADURA		
	PAVIMENTADA	NO PAVIMENTADA	Sub Total
Red Vial Nacional	1.224.8	669.8	1,849.60
Red Vial Departamental	482.8	735.8	1,218.60
Red Vial Vecinal	115.7	7,593.00	7,708.60
<b>TOTAL</b>	----	----	<b>10,821.90</b>

**Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones**

### 1.3.2. CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008), las “carreteras no pavimentadas presentan una capa granular en su superficie de rodadura (afirmado), las cuales corresponden generalmente a carreteras de bajo volumen de circulación y con un número de repeticiones de ejes equivalentes de hasta 300,000 EE en un periodo de 10 años.

En el diseño de carreteras no pavimentadas el factor importante a tenerse en cuenta, es el control de polvo, debido a que estas carreteras emiten polvo por el desprendimiento de los agregados finos. La cantidad de polvo que se produce en una carretera no pavimentada es muy variable, depende de la zona (lluviosa o árida), del tráfico que soporta y la calidad del afirmado. Los tipos de control de polvo, pueden ser riegos con agua natural, riegos incluyendo cloruros o aditivos, aplicación de productos asfálticos, utilización de cal, cemento u otros productos químicos”.

#### 1.3.2.1. CARACTERÍSTICAS BÁSICAS PARA LA SUPERFICIE RODADURA DE LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS

- a) Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008, p.8), los “Caminos de tierra están compuestos por el suelo natural y mejorado con grava seleccionada por zarandeo”.
- b) Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008, p.8), los “Caminos de grava están compuestos por una capa de revestimiento con material natural pétreo, seleccionado manualmente o por zarandeo de tamaño máximo de 75 mm”.
- c) Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008, p.8), los “Caminos afirmados están compuestos por una capa de revestimiento con materiales de cantera, piedra, arena y finos o arcilla, distribuidos por medios mecánicos (zarandeo)”.

- d) Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008, p.8), los “Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales se dividen en
- Afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros.
  - Suelos naturales estabilizados con material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros”.

### 1.3.3. PAVIMENTOS

El pavimento es una estructura de varias capas construidas sobre la sub - rasante del camino para resistir y distribuir los esfuerzos originados por el tránsito vehicular.

#### 1.3.3.1. COMPONENTES ESTRUCTURALES DEL PAVIMENTO

Para MONTEJO (2002, p.2), el “pavimento es una estructura que está constituido por un conjunto de capas sobrepuestas horizontalmente, que se diseñan y se componen técnicamente con materiales apropiados y compactados”. Por lo general está formado por la carpeta de rodadura, base y sub - base apoyada todo este conjunto sobre la sub-rasante, la función de cada una de estas capas es de vital importancia ya que:

- Distribuyen las tenciones provenientes de la parte superior reduciéndolas hasta valores aceptables para las capas inferiores
- Deben ser suficientemente resistentes por si mismas para soportar, sin deformarse, las cargas alas cuales están sujetas

Para las carreteras convencionales la estructura del pavimento estará constituido por 3 capas denominadas sub – rasante, sub – base y base, sin embargo, en caminos de bajo transito el pavimento, donde económicamente no es viable construir un pavimento convencional, se constituye con una o varias capas conocidas como capas granulares.

A continuación, detallaremos cada una de las partes en ambos casos

a) SUB – RASANTE

“Se denomina sub – rasante a la capa del suelo que se encuentra en la parte más baja de la estructura del pavimento, esta es preparada y compactada como fundación para el pavimento” (Manual de carreteras MTC, 2014). De la calidad de esta capa depende en gran parte, el espesor que debe tener un pavimento, sea éste flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte (CBR). “Es necesario tener en cuenta la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento). Los cambios de volumen de un suelo de sub - rasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre éste, por esta razón cuando se construya un pavimento sobre este tipo de suelos deberá tomarse la precaución de impedir las variaciones de humedad del suelo para lo cual habrá que pensar en la impermeabilización de la estructura. U otra forma de enfrentar este problema es mediante la estabilización de este tipo de suelo con algún aditivo” (Montejo, 2002, p.9). A continuación se identifican seis categorías de la sub – rasante tal como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3 Categorías de la Sub - Rasante según su CBR

<b>Categorías de Sub - Rasante</b>	<b>CBR</b>
<b>S0: Sub - Rasante inadecuada</b>	CBR < 3%
<b>S1: Sub – Rasante insuficiente</b>	CBR ≥ 3% A CBR < 6%
<b>S2: Sub – Rasante regular</b>	CBR ≥6% A CBR < 10%
<b>S3: Sub – Rasante buena</b>	CBR ≥10% A CBR<20%
<b>S4: Sub – Rasante muy buena</b>	CBR ≥20% A CBR<30%
<b>S5: Sub – Rasante excelente</b>	CBR ≥ 30%

**Fuente: Manual de carreteras Suelos, Geología y Pavimentos, Sección suelos y pavimentos del MTC**

- **CARACTERIZACIÓN DE LA SUB - RASANTE**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.26), “para determinar las características físico - mecánicas del suelo de la Sub - Rasante se llevaran a cabo exploraciones mediante la realización de calicatas de 1.5 m de profundidad, el número mínimo de calicatas por kilómetro dependerá del tipo de carretera. Tal como se muestra en la Tabla 4.

Además Las calicatas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la carretera a distancias aproximadamente iguales”.

Tabla 4 Número de calicatas para la exploración de suelos

<b>Tipo de Carretera</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Número mínimo de Calicatas</b>
Autopistas: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada de 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras duales: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada de 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido
		- Calzada de 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras de 1° clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 4 calicatas por km
Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 3 calicatas por km

Carreteras de 3° clase: Carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 2 calicatas por km
Carreteras de bajo tránsito: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 1 calicata por km

**Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.**

- **REGISTRO DE EXCAVACIONES**

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.27), “De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas. Las que deberán ser descritas en una ficha donde se colocara la ubicación de la calicata, el número de muestra y la profundidad, y posteriormente serán colocadas en bolsas para su traslado al laboratorio de suelos. Asimismo, durante la ejecución de estudios de campo se llevara un registro en el que se anotara el espesor de cada uno de los estratos encontrados durante la exploración, sus características de gradación, el estado de compactación de cada uno de los materiales, además se extraerán muestras representativas de la sub - rasante para realizar ensayos de CBR”. La cantidad de estos ensayos dependerá del tipo de carretera tal como se muestra en la Tabla 5.

Tabla 5 Número de ensayos de relación de soporte (CBR) según el tipo de carretera

TIPO DE CARRETERA	N° CBR
Autopistas: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	- Calzada de 2 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	- Calzada de 3 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	- Calzada de 4 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido

Carreteras duales: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	- Calzada de 2 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	- Calzada de 3 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
	- Calzada de 4 carriles por sentido: 1 CBR x km x sentido
Carreteras de 1° clase: Carreteras con un IMDA entre 4000 – 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	- Cada 1 km se realizara un CBR
Carreteras de segunda clase: Carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles	- Cada 1.5 km se realizara un CBR
Carreteras de 3° clase: Carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles	- Cada 2 km se realizara un CBR
Carreteras de bajo transito: Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada	- Cada 3 km se realizara un CBR

**Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, sección Suelos y Pavimentos.**

b) SUB - BASE

“Si el suelo de la Sub – Rasante es malo, habrá que colocar una Sub – Base de material seleccionado antes de colocar la Base” (Apuntes de Ingeniería civil, 2011)

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.113), la “SUB – BASE está constituido por un material de soporte ( $CBR \geq 40\%$ ) superior a la del suelo de Sub – Rasante y se utiliza para permitir la reducción del espesor de la capa base. Tiene la finalidad de transmitir la carga ejercida por el tráfico de manera uniforme ala sub - rasante. Además sirve de drenaje del pavimento para evitar la infiltración del agua, protegiendo así al pavimento de los hinchamientos que se pueden producir”.

c) BASE

Según el Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos MTC (2014, p.114), la “BASE cumple una función estructural. Y tiene como objetivo primordial absorber la carga transmitida por el tránsito vehicular, y repartir estos esfuerzos a la sub – base y por medio de esta al terreno de fundación.

Además esta capa será de material granular con una capacidad de soporte ( $CBR \geq 80\%$ ) o será tratada con asfalto, cal o cemento”.

d) CAPA GRANULAR

Según el Manual de Carreteras no Pavimentadas MTC (2008), el “uso de la capa granular que conformara la estructura del pavimento, será cuando esta carretera no estará sometido a un tránsito elevado, Teniendo en cuenta además que será la responsable de absorber y distribuir adecuadamente al terreno las tensiones generadas por el tráfico, de manera que no se produzcan deformaciones excesivas. Esta capa puede ser formada con materiales propio o material de préstamo, y en caso no cumpla con las requerimientos previstas por la carretera se recurre al empleo de alguna técnica de estabilización”.

#### 1.3.4. ESTABILIZACION DE SUELOS

“Cuando se presenta un suelo que no cumple con las características físicas y mecánicas para ser usado en la construcción de una carretera, se tendrá tres posibilidades

- Aceptar el material tal como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño, y el requerimiento de calidad que deberá cumplir.
- Eliminar el material desfavorable, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados” (Montejo, 2002, p. 75).

Para el Manual de carreteras sección suelo y pavimentos MTC (2014, p.92), la “estabilización de suelos se define como la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de la sub - rasante malos o de baja capacidad de soporte, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio cuando se estabiliza una sub-base granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina como sub-base o base granular tratada con cemento, con cal o con asfalto, etc”.

#### 1.3.4.1. CRITERIOS GEOTECNICOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

- “Cuando la sub – rasante presenta una capacidad de soporte  $CBR \leq 6\%$  y esta se encuentra en una condición inadecuada, o cuando se tiene presencia de suelos con humedades altas o suelos de rellenos no controlados. Se realizara un estudio muy profundo para el mejoramiento de este suelo, ya sea por medio de una estabilización mecánica, reemplazo del suelo de cimentación o estabilización con algún producto químico” (Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos, 2014, P.93).
- “Para establecer un tipo de estabilización de suelos, la zona en estudio deberá presentar suelos como son: los limos, las arcillas, o las arenas limosas o arcillosas” (Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos, 2014, P.94).

#### 1.3.4.2. FUNDAMENTOS PARA LA ESTABILIZACION DE SUELOS

Para MONTEJO (2002, p.77), la “estabilización se basa en el mejoramiento de las siguientes propiedades del suelo que deben ser tenidas en cuenta por el ingeniero”.

a) ESTABILIDAD VOLUMETRICA.

“Los problemas de estabilidad volumétrica se originan sobre todo en suelos expansivos por cambios de humedad.

Se trata de modificar la masa de suelo expansiva en una masa de suelo rígida, con mezclas homogéneas del suelo y algún aditivo para resistir presiones de expansión, esto se logra con tratamientos químicos o térmicos” (Montejo, 2002, p.76).

b) RESISTENCIA

“Para mejorar esta propiedad del suelo se suele usar la estabilización mecánica (Compactación) y las químicas especialmente con cemento, cal u otros aditivos.

Es muy importante el contenido de materia orgánico que presente el suelo, ya que estos no permiten una buena estabilización de las Sub - Rasantes” (Montejo, 2002, p.77).

c) PERMEABILIDAD

“El suelo se puede definir como permeable cuando este presenta espacios vacíos que le permiten absorber el agua, a su vez estos espacios vacíos están interconectados de tal forma que dispone de caminos por lo que el agua puede pasar fácilmente, si no ocurre esto es decir, la cantidad de espacios vacíos es mínima, entonces el suelo será impermeable. Este factor puede ser mejorado por medio de la compactación. Según la textura del suelo, mientras el suelo sea más fino más lenta será la permeabilidad en la Tabla 6 se ve la permeabilidad de algunos tipos de suelo” (Montejo, 2002, p.79).

Tabla 6 Permeabilidad según textura del suelo

Suelo	Textura	Permeabilidad
Suelos Arcillosos	Fina	De muy lenta a Muy rápida
Suelos Limosos	Moderadamente Fina	
	Moderadamente Gruesa	
Suelos Arenosos	Gruesa	

**Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC**

d) COMPRESIBILIDAD

“Es el grado en que la masa del suelo disminuye su volumen bajo el efecto de una carga. Esta propiedad a otras como la permeabilidad, también altera la magnitud. Modificando la resistencia del suelo.

Si se habla de los suelos de textura gruesa (gravas y arenas), la compresibilidad será mínima, pues sus partículas están en contacto. Mientras que en los suelos de grano fino, como las arcillas y limos, si se comprime una masa húmeda de estos suelos, producen una reducción en su volumen.

La compresibilidad llega al máximo mientras mayor cantidad de materia orgánica presente el suelo” (Montejo, 2002, p.79).

e) DURABILIDAD

“Esta propiedad se relaciona con la resistencia del suelo al desgaste por fricción del tránsito, generalmente se asocia al suelo cercano a la superficie de rodamiento. Una de las maneras de mejorarla es mediante el tratamiento con productos químicos, dependiendo del tipo de suelo” (Montejo, 2002, p.80).

#### 1.3.4.3. TIPOS DE ESTABILIZACION

Habiendo mencionado las propiedades a tener en cuenta para mejorar los suelos, vamos a clasificar los distintos tipos de estabilización.

- Para Márquez (2005, p.7), la “estabilización mecánica, comprende al proceso de compactación de los suelos para obtener su resistencia”.
- Para Márquez (2005, p.7), la “estabilización química, se refiere a la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo mediante la adición de productos químicos como el cemento, la cal, el cloruro de magnesio, etc”.

### 1.3.5. ESTABILIZACIÓN CON CAL

Para Ravines (2010, p.27), la “estabilización con cal se le aplica a suelos arcillosos buscando reducir su plasticidad. Logra mejorar la resistencia del suelo de un modo significativo pues baja el potencial cambio de volumen de estos suelos producidos por las variaciones de humedad”.

#### 1.3.5.1. MATERIALES UTILIZADOS EN LA ESTABILIZACION SUELO – CAL

##### a) SUELOS:

Para Montejo (2002, p.101), “En general casi todos los tipos de suelos son aptos de estabilizar con cal.

Tanto los suelos de granulometría fina, como aquellos más gruesos, pueden mejorar sus características con la incorporación de la cal.

En general, los resultados más óptimos se han obtenido en las modificaciones de las características físicas y mecánicas de muestras arcillosas con estrato de textura fina”. A continuación se identifican los suelos que se pueden estabilizar con cal de acuerdo a su clasificación SUCS Y AASHTO, tal como se muestra en la tabla 7 y 8.

Tabla 7 Suelos Estabilizados con Cal de acuerdo a la Clasificación SUCS

<b>Símbolo del Grupo</b>	<b>Nombre del Tipo de suelo</b>	<b>Estabilizante</b>
SC	Arcillas, arenas, mezclas de arena y arcilla	<b>CAL</b>
ML	Limos inorgánicos y arenas muy finas, arenas finas limosas o arcillosas	
CL	Arcilla de plasticidad baja a media, arcilla con grava y arena, arcilla limosas	

OL	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas e baja plasticidad
MH	Limos inorgánicos, suelos arenosos y finos o limosos
CH	Arcillas inorgánicas de plasticidad alta
OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada, limos orgánicos.

Fuente: ANFACAL (Estabilización de suelos con cal)

Tabla 8 Suelos Estabilizados con Cal de acuerdo a la Clasificación AASHTO

Grupo	Nombre del Tipo de suelo	Estabilizante
A-1	Gravas y arenas	<b>CAL</b>
A-2	Gravas y Arenas limosas y Arcillosas	
A-3	Arenas Finas	
A-4	Suelos Limosos	
A-5		
A-6	Suelos Arcillosos	
A-7		

Fuente: Manual de Especificaciones técnicas (EG-2013)

b) CAL

La cal que se use para la mezcla suelo-cal puede ser cal viva o cal hidratada.

- CAL VIVA: “Cales aéreas constituidas principalmente por óxido de calcio (CaO) y de magnesio (MgO)” (Especificaciones técnicas EG, 2013).
- CAL HIDRATADA: “Cales aéreas, cálcicas resultantes del apagado controlado de las cales vivas. Están compuestas principalmente por hidróxido de calcio [Ca(OH)<sub>2</sub>]” (Especificaciones técnicas EG, 2013).

### 1.3.5.2. TIPOS DE TRATAMIENTO CON CAL

Según ANCADE (2015), “Hay varios tipos de tratamientos de suelos con cal, en función de los objetivos a conseguir, el secado, la modificación y la estabilización”.

#### a) SECADO.

“En el caso de suelos arcillosos con exceso de humedad, la adición de la cal viva disminuye el contenido de agua por:

- Aporte de producto seco.
- Consumo de agua necesaria para hidratarse.
- Evaporación del agua debido a la reacción anterior.

De esta forma, el aporte de un 1 % de cal viva puede disminuir el contenido de humedad del suelo en un 4 o 5 %. Si a ello le sumamos el efecto de aireación, el valor de la disminución puede llegar al 7 %.

Por el contrario, si la humedad de los suelos se encuentra por debajo de la óptima, puede ser aconsejable aplicar la cal en forma de lechada, aportando la cal y el agua necesaria en una sola operación” (Ancade, 2015, p.7).

#### b) MODIFICACIÓN

“Se trata de una modificación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, reduciendo la cantidad de agua retenida por la arcilla y mejorando así su trabajabilidad.

En campo se aprecia que el suelo pierde su carácter pegajoso y toma una textura arenosa debido a este cambio, mejorando su capacidad de soporte (CBR). La modificación actúa al instante una vez hecho la mezcla suelo-cal. En general, para conseguir estas modificaciones, la mezcla necesaria de cal se encuentra entre el 1% y el 3%” (Ancade, 2015, p.9).

#### c) ESTABILIZACIÓN

“La estabilización propiamente dicha consiste en una mejora de resistencia, en función de la temperatura ambiente y de la cantidad de arcilla que presente la masa de suelo, aumentando

la capacidad de soporte del suelo con el fin de poder emplearlo en las capas que conforma un pavimento. De esta forma pueden obtenerse explanadas y sub - bases con buenas propiedades mecánicas.

Los porcentajes necesarios de cal conseguir este mejoramiento se encuentran entre el 3% y el 8%” (Ancade, 2015, p.9).

#### 1.3.5.3. VENTAJAS DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS CON CAL

“El tratamiento de suelos arcillosos con cal viva o hidratada en cualquier obra de movimiento de tierras: laderas, terraplenes, explanadas, firmes, plataformas, etc, correspondiente a cualquier tipo de infraestructura: vial, aeropuertos, ferrocarriles, etc, permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas que se detallan a continuación” (Ancade, 2015, p.12):

- La utilización de la cal nos da la posibilidad de reutilizar los suelos naturales encontrados durante la ejecución de la obra, y así evitar optar por la utilización de materiales de préstamo. Lo cual va a disminuir los costos del trabajo de movimiento de tierras.
- El empleo de la cal aumenta la capacidad de soporte, mejora las resistencias a tracción y a flexión de los suelos. Por lo tanto nos permite reducir los espesores de las capas del pavimento y evitar las posibles fallas durante su vida útil.
- La utilización del estabilizante químico cal nos permite una mejor trabajabilidad en las distintas fases de ejecución: mezcla, extendido, compactación, etc.

#### 1.3.6. ANALISIS PREVIOS DE LOS SUELOS

El primer paso será identificar completamente las características Físicas y Mecánicas de los suelos a tratar para decidir si la estabilización con cal es la solución más adecuada.

##### a) ENSAYOS DE IDENTIFICACIÓN DE SUELOS

- Para Altamirano y Díaz (2015, p.15), el “contenido de humedad del suelo, se define como la cantidad de agua presente en una masa de suelo o roca”.

- Para Altamirano y Díaz (2015, p.19), los “límites de consistencia se utilizan para caracterizar el comportamiento de los suelos finos. Se basan en que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo del contenido de agua que presenten. Ya sea en un estado sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido”.
- Para Altamirano y Díaz (2015, p.16), la “granulometría es importante para la clasificación de suelos, ya que este proceso permite separar la fracción gruesa de la fina. Además caracteriza el suelo en función del tamaño de las partículas, si en dicha masa de suelo predomina la grava, arena y limos o arcillas”.

#### b) ENSAYOS DE COMPORTAMIENTO

- Para Altamirano y Díaz (2015, p.21), el “proceso del ensayo de la relación de soporte CBR de suelos y agregados, se dará con una muestra representativa lo cual será llevado al laboratorio para ser sometido a una acción mecánica en diferentes niveles de compactación y con un óptimo contenido de humedad. Todo ello con la finalidad de poder medir su resistencia en base a la calidad que puede presentar dicho suelo”.
- Para Altamirano y Díaz (2015, p.21), la “compactación o el ensayo de proctor modificado se basa en la eliminación del aire presente en una masa de suelo por medio de una acción mecánica para así obtener del suelo mayor resistencia, menor deformación y permeabilidad. El grado de compactación se mide en base a la densidad del peso del suelo seco”.

#### 1.3.7. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE LA CAL

Una vez que se haya determinado que el suelo es apto para su tratamiento con cal, se pasa a determinar la mezcla suelo-cal en diferentes proporciones, lo cual permita conseguir mejorar las propiedades del mismo.

“La dosificación óptima de cal, en el caso de buscar la modificación inmediata, será aquella que logre reducir o eliminar el índice de plasticidad del suelo y el hinchamiento, además deberá de aumentar la capacidad de Soporte del suelo CBR” (Tratamiento de Suelos con Cal ANCADE, 2015, p.15).

“Una de las formas para determinar la cantidad optima de cal estabilizante se da por medio de ensayos de comportamiento, como lo que son el ensayo de CBR y proctor modificado aplicados a la mezcla suelo – cal , con distintos porcentajes del aditivo 2%, 4% ,6% y 8%” (C.E 020 estabilización de suelos y taludes). De esta forma, se comprueba el efecto del estabilizante y así determinar el porcentaje necesario para alcanzar los objetivos que se buscan.

“Otro de las formas para determinar la cantidad de cal optima que se aplicará para el mejoramiento de la sub - rasante es calcular el pH del suelo realizado por Eades y Grim , indicado en la norma ASTM C 977-00.

El método se basa en determinar que la mezcla suelo-cal en diferentes proporciones alcance un valor de pH de 12.4, de ello se puede deducir la cantidad optima de cal a utilizar” (C.E020 Estabilización de suelos y taludes).

#### 1.3.7.1. DATOS TECNICOS PARA USAR LA CANTIDAD ÓPTIMA DE CAL

- “Sub – rasante : Para estabilizar un suelo de textura fina con el uso del estabilizante químico cal, y así poder llegar a las resistencias adecuadas que requiere las capas de la sub – rasante o sub – base, se hará uso del 3% al 6% de cal en peso del suelo seco” (Manual de Estabilización con Cal, 2016, p.7).
- “Bases: el uso del estabilizante químico cal también puede ser aplicado a suelos con texturas gruesas. En donde para la estabilización de bases, lo cual es utilizada para la construcción de pavimentos nuevos y para la reconstrucción de pavimentos deteriorados, generalmente se requiere de la adición de **2% a 4%**

de cal respecto al peso del suelo seco” (Manual de Estabilización con Cal, 2006, p.7).

#### 1.3.8. ESTABILIZACION DE LA SUB – RASANTE CON CAL

Antes de realizar el mezclado en campo del estabilizante químico cal con el suelo, se realizan algunos procedimientos previos para dicho tratamiento. La cual lo clasificaremos en fases.

1° fase Preparación de los suelos: “la sub – rasante a ser mejorada deberá ser escarificada a la profundidad y ancho conveniente, para luego ser pulverizada parcialmente. Es necesario remover los materiales que no sean suelos y partículas gruesas con tamaño no menores de 3” ” (Estabilización y Modificación con cal LIME, 2004, p.15).

2° fase Extendido del Estabilizante químico Cal: “En esta fase la extensión de la cantidad necesaria del estabilizante químico cal, es calculada previamente mediante ensayos de laboratorio, este estabilizante puede ser aplicado en forma de polvo (vía seca) o de lechada (vía húmeda). La cal hidratada debe ser uniformemente extendida en el porcentaje calculado previamente, este estabilizante seco no deberá ser extendido en condiciones de viento debido al polvo” (Estabilización y Modificación con cal LIME, 2004, p.18).

3° fase Mezcla in situ y Aplicación del agua: “se requiere de una mezcla inicial para distribuir la cal dentro del suelo y posterior a ello preparar la adición óptima de agua para que inicie la reacción, a todo ello se le vuelve a realizar un mezclado de los materiales para conseguir un producto homogéneo” (Estabilización y Modificación con cal LIME, 2004, p.19).

4° fase Periodo de fraguado: “La mezcla suelo – cal deberá fraguar lo necesario para permitir la reacción que cambie las propiedades del suelo. La duración de fraguado depende del tipo de suelo. El periodo de esta acción es de 1 a 7 días siempre en cuando se quiera mejorar

en el suelo, si tan solo es para secado, no se da el proceso de fraguado” (Estabilización y Modificación con cal LIME, 2004, p.21).

5° fase Compactación: “por medio de una acción mecánica la mezcla suelo – cal deberá ser compactada a la densidad requerida por las especificaciones establecidas en las normas, al menos al 95% de la máxima densidad seca obtenida en el ensayo Proctor modificado. El valor de la densidad deberá basarse en la curva de compactación de la muestra representativa de la mezcla suelo – cal, esta acción se dará inicio después del fraguado” (Estabilización y Modificación con cal LIME, 2004, p.22).

6° Curado final: “antes de la colocación del afirmado, se debe observar que la sub – rasante compactada haya endurecido lo suficiente, hasta que los vehículos de prueba transiten sin dejar marca en la superficie. Durante este tiempo, la superficie del suelo mejorado con cal deberá mantenerse húmeda para ayudar al incremento de resistencia” (Estabilización y Modificación con cal LIME, 2004, p.23).

#### **1.4. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

La provincia de Huaraz tiene en mayoría carreteras no pavimentadas que presentan características negativas, relacionadas al mal comportamiento ante la presencia de humedad. La mejora de las propiedades físico – mecánicas del suelo, pueden resultar un procedimiento favorable, para lograr un mejor comportamiento de los distintos suelos que se pueden muestrear.

Las diferentes muestras de suelo que se pudieron encontrar en la carretera en estudio, no han tenido una investigación, ni una aplicación relacionada con el tema que se plantea en este proyecto. No existe ni se conoce ningún tipo de trabajos relacionada con la estabilización de suelos con cal.

Este es el principal problema que se plantea con la finalidad de mejorar el suelo de la Sub – Rasante para poder ser usado como una capa de la estructura de un pavimento y así obtener una mejor transitabilidad, y de no resolverlo, esto puede provocar que se genere movimiento de

tierras en gran cantidad la cual conlleva a un problema económico en el proceso constructivo de un pavimento. Dicho ello se plantea la siguiente pregunta.

¿Es factible el mejoramiento de la Relación de Soporte California (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la Sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria – Wilcahuain, Huaraz – 2017?

## 1.5. JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

### 1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEORICA

La información adquirida y procesada servirá de sustento para esta y otras investigaciones similares siendo un aporte importante a la ingeniería de infraestructura vial.

Como aspecto inicial, el presente estudio resulta muy importante, ya que estaríamos dando a conocer, las ventajas técnicas al usar el aditivo químico cal, aplicado a los suelos de textura gruesa y fina en las carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito.

Además mediante el desarrollo de la presente investigación, se busca corroborar y confirmar las diferentes teorías, técnicas y prácticas relacionadas con la aplicación de la CAL HIDRATADA, lo cual especifica el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC)

### 1.5.2. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El presente Proyecto de investigación se justifica por cuanto nos permitirá mejorar la transitabilidad peatonal y carrozable de los caminos en los suburbios de la ciudad de Huaraz al contar con mejores resistencias del suelo de la SUB - RASANTE a partir de añadirle materiales estabilizantes como la cal. Dado que en la zona de estudio predomina un suelo como son las arenas arcillosas (**SC**) y Arcillas de plasticidad baja (**CL**) que deben ser mejoradas a fin de lograr una durabilidad razonable.

## **1.6. HIPOTESIS**

La incorporación del estabilizante químico cal, logra mejorar la Relación de Soporte (CBR) de la Sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito PARIA – WILCAHUAIN, Huaraz, 2017.

## **1.7. OBJETIVOS**

### **1.7.1. OBJETIVO GENERAL**

Mejorar la Relación de Soporte California (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la Sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito PARIA – WILCAHUAIN, Huaraz, 2017.

### **1.7.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS**

- Determinar las características físicas - mecánicas del suelo de la carretera no pavimentada PARIA – WILCAHUAIN.
- Determinar el valor del CBR del suelo de la sub - rasante de la carretera no pavimentada PARIA – WILCAHUAIN después de adicionar el estabilizante químico cal.
- Propuesta concreta de mejora respecto al tratamiento del suelo - cal.

## **II. METODOLOGIA**

### **2.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

El presente proyecto de investigación es de tipo cuantitativo. Porque Según Landeau (2007), el “tipo de investigación cuantitativa busca la verificación o comprobación deductiva de proposiciones causales elaboradas fuera del lugar en el que se realiza la investigación, es por ello que se construyen hipótesis entre las variables y luego comprueban la medida de tales efectos”.

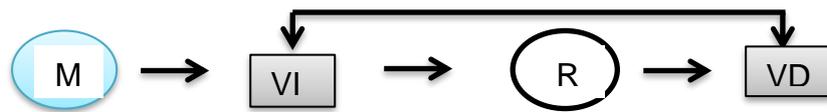
Es por ello que establecimos teorías de investigación de las cuales formulamos la hipótesis, medimos las variables en función de los indicadores, evaluamos estas mediciones para posteriormente plantear las conclusiones.

### **2.2. NIVEL DE INVESTIGACIÓN**

De acuerdo al nivel de investigación el proyecto es descriptivo. Porque Según Landeau (2007), el “nivel de investigación descriptiva busca evaluar los diversos aspectos de un universo, con la finalidad de identificar características o establecer propiedades importantes que permitan informar sobre el fenómeno estudiado”. La investigación también es aplicada porque nos basaremos en teorías ya existentes para dar solución técnica en cuanto al proceso de los resultados.

### **2.3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN**

El diseño metodológico a emplearse en el presente proyecto de investigación será el experimental. Porque Según Arias (2012), la “investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)”.



**DONDE:**

- **M=** CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA WILCAHUAIN (Progresiva 0+00 – 2+207.49)
- **R=** MEJORAMIENTO DE LA RELACION DE SOPORTE (CBR) DE LA SUB - RASANTE
- **VI:** ADICION DE LA CAL
- **VD:** ESTABILIZACION DE LA SUB - RASANTE

## 2.4. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
ADICION DE LA CAL	Para Ravines (2010, p.27), la “estabilización con cal se le aplica a suelos arcillosos buscando reducir su plasticidad. Logra mejorar gradualmente la resistencia del suelo de un modo significativo pues baja el potencial cambio de volumen de estos suelos producidos por las variaciones de humedad”.	Determinar las propiedades físicas y mecánicas de cada tipo de suelo presente en la zona de estudio, y así poder optar por la cantidad optima de cal <b>(2%, 4%, 6% ,8%)</b> a ser empleado para la estabilización de las mismas.	ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS	CONTENIDO DE HUMEDAD	RAZON
				LIMITES DE CONSISTENCIA	RAZON
				ANALISIS GRANULOMETRICO	RAZON
				PROCTOR MODIFICADO	RAZON
				CBR	RAZON

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
ESTABILIZACION DE LA SUB - RASANTE	Para el Manual de Carreteras MTC (2014), la “estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos”.	Es el esfuerzo del, Proctor y CBR	ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS	ROCTOR MODIFICADO	RAZON
				CBR ( CAPACIDAD DE SOPORTE)	

## **2.5. POBLACION Y MUESTRA**

### **2.5.1. POBLACION OBJETIVO**

Según Hernández (1997), la “población es el conjunto de todos los casos que concuerden con una serie de especificaciones”. La investigación tomara como universo, la carretera no pavimentada que se encuentra ubicada:

LUGAR	: PARIA – WILCAHUAIN (Acovichay Alto)
DISTRITO	: INDEPENDENCIA
PROVINCIA	: HUARAZ
DEPARTAMENTO	: ANCASH
LONGITUD	: 5KM

### **2.5.2. TAMAÑO DE LA MUESTRA**

Carretera no Pavimentada PARIA - WILCAHUAIN, Progresiva 0+000 hasta 2+207.498 (SIERRA HERMOZA – CP. CURHUAZ).

## **2.6. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD**

### **2.6.1. TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS**

La observación es el método más común para tomar datos en la ingeniería vial, la mayor ventaja de la observación directa es su relación directa con la realidad.

El primer paso que se hizo en La CARRETERA NO PAVIMENTADA PARIA – WILCAHUAIN fue la sectorización de tramos y posterior recolección de datos de las muestras de suelo, procedimientos tal como se indican en la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC 101 – 2000, DEL MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01).

A continuación se describe en la siguiente tabla otros trabajos que se realizó y que técnicas e instrumentos se hizo uso.

Tabla 9 Técnicas e Instrumentos Para Recolección de datos

FUENTES	TECNICAS	INSTRUMENTOS
Trabajos de Campo	Levantamiento Topográfico	Equipo Topográfico
	Calicatas	Herramientas Manuales
Ensayos Realizados	Estudio de Mecánica de Suelos	Laboratorio de Suelos

#### 2.6.2. VALIDACIÓN Y CONFIBILIDAD DE INSTRUMENTOS

En el presente proyecto de investigación, la validez y confiabilidad del estudio se determinara de manera técnica y especializada por medio de ensayos de laboratorio aplicados a las muestras representativas obtenidas de la zona de estudio y estas se desarrollaran en la empresa VH LABORATORIO E.I.R.L empresa certificada por INDECOPI en estudio de mecánica de suelos

#### 2.7. METODOS DE ANALISIS DE DATOS

En esta parte del proyecto se realizará la evaluación de la información de campo para luego darle una confiabilidad a dicha investigación, para tal efecto los datos obtenidos de la experimentación (Estudio de mecánica de suelos) serán programados y expuestos en cuadros descriptivos y aplicativos elaborados en el software Microsoft Excel. Seguidamente, en función a ello, se proporcionara la cantidad óptima del aditivo químico cal para mejorar las propiedades físicas y mecánicas y así obtener una mejor relación de soporte (CBR) de los suelos en estudio deduciendo así la alternativa más adecuada en la estabilización de suelos en obras viales en la ingeniería de transportes.

##### 2.7.1. LOCALIZACION Y UBICACIÓN DE LA MUESTRA

La zona de influencia en el que se encuentra la carretera en estudio Paria – wilcahuain. Geográficamente se ubica en la zona rural del distrito de independencia, perteneciente a la provincia de Huaraz, departamento de Ancash.

El tramo de ruta inicia desde el barrio de sierra hermosa con la progresiva 0+00 y culmina el tramo en la progresiva 2+207.498 en el centro poblado de Curhuaz.

la carretera en estudio tiene una longitud de 2+207.49 km, se encuentra a nivel de afirmado. La morfología es accidentada en la mayor parte del tramo, se observa que la superficie de rodadura presenta fallas de tipo baches y erosiones, deformaciones de la plataforma ocasionadas principalmente por el discurrir de las aguas de las lluvias y aguas superficiales. Así como el paso vehicular y la deficiencia de sistemas de drenaje superficial que dificultan la evacuación de las aguas pluviales.

## 2.8. ASPECTOS ETICOS

Para la realización de este proyecto de investigación se trabajara con total claridad ya que lo que queremos es obtener una investigación veras y que tenga datos reales.

### III. RESULTADO

#### 3.1. TRATAMIENTO DE LOS RESULTADOS

Para realizar la presente investigación se siguió la siguiente secuencia, la primera parte fue localizar y ubicar los puntos donde se podrían realizar las calicatas, para posteriormente extraer las diferentes muestras que se encuentren en ellas y ser ensayadas. Esta etapa se dio con la ayuda de un levantamiento topográfico (ver Anexo 5), dicho estudio nos iba a indicar los puntos exactos de corte para la elaboración de las perforaciones del suelo. Una vez identificado estos puntos de corte necesitábamos conocer la cantidad necesaria de exploraciones que se iba a realizar a la sub – rasante de la carretera en estudio, para lo cual se realizó un conteo vehicular donde se hizo cálculo del IMDA (Ver Anexo 3), dicho resultado iba a dar conocimiento la cantidad de vehículos que transitan por la carretera, que según el EG 2001 o EL MTC 2008 ( Manual para carreteras no Pavimentadas de Bajo volumen de transito) y de acuerdo al resultado obtenido la carretera clasifíco como una trocha carrozable, esta clasificación nos sirvió para determinar la cantidad de calicatas a realizar indicado en el MTC 2008.

En la segunda parte ya con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales del terreno de fundación, el tramo en estudio se dividió en 3 sectores homogéneos, obtenidos mediante la aplicación de los criterios AASHTO 93, de la cual la investigación se llevó a cabo mediante la ejecución de 3 perforaciones en el suelo (calicatas) con un área de 1 m<sup>2</sup> a una profundidad de 1.50 m, estas calicatas estaban ubicadas cada 1000 m aproximadamente de forma alternada, a lo largo de la carretera.

De donde se obtuvieron muestras representativas, las que fueron trasladadas al laboratorio de suelos (VH LABORATORIO E.I.R.L) donde fueron objeto de estudio. Se llevó el registro de los espesores de cada una de las capas del subsuelo, sus características de gradación, humedad, color, plasticidad, entre otros.

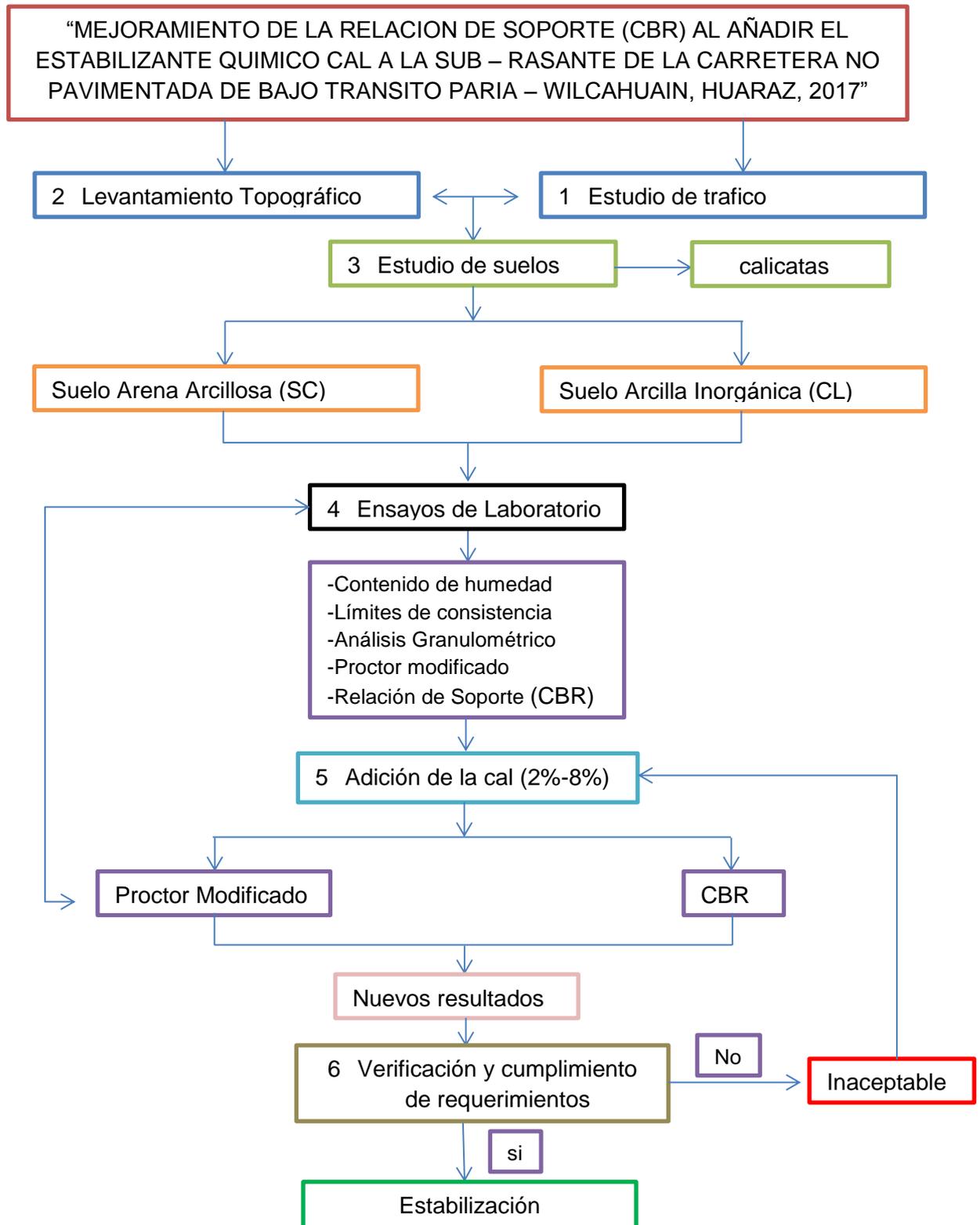
Las muestras representativas fueron sometidas a los siguientes ensayos:

- Análisis granulométrico por tamizado **MTC E107**
- Límite líquido **MTC E 110**
- Límite plástico e índice de plasticidad **MTC E 111**
- Clasificación SUCS **ASTM D-2487**
- Clasificación (AASHTO) **ASTM D-3282**
- Determinación del PH de los suelos **ASTM - 6276**
- Contenido de humedad **MTC E 108**
- Proctor Modificado **MTC E 115**
- California Bearing Ratio (CBR) **MTC E 132**

Para la tercera y última parte, luego de haber clasificado los diferentes suelos patrón por los sistemas SUCS Y AASTHO a través de los ensayos de límites de consistencia y análisis granulométrico, se procedió a realizar el cálculo del pH de las mezclas suelo + cal para determinar el óptimo contenido de cal estabilizante, este proceso se realizó por medio del método de EADES Y GRIM, una vez teniendo conocimiento de la cantidad de cal agregar al suelo de la Sub – rasante se procedió a realizar el ensayo de Proctor modificado con la mezcla de suelo-cal. Y de la ejecución de este ensayo se obtuvo la máxima Densidad Seca y el óptimo contenido de humedad para cada una de las muestras analizadas.

Con los contenidos óptimos de humedad se procedió a realizar el ensayo de la relación de soporte (CBR) a las mezclas de suelo-cal, lo cual la ejecución de este ensayo nos sirvió para analizar la influencia de mejora que tendrá el suelo patrón al añadirle dicho estabilizador. En la siguiente figura se resume cada una de las partes.

Figura 1 Diseño de Ingeniería



Fuente: Elaboración Propia

### 3.2. RESULTADOS SEGÚN OBJETIVOS

#### 3.2.1. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO GENERAL

##### 3.2.1.1. MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017.

De los resultados obtenidos podemos decir que con la adición del estabilizante químico cal se logró incrementar porcentualmente la capacidad de soporte (CBR) de cada una de las muestras analizadas a lo largo del tramo de la carretera, cumpliendo así los parámetros mínimos que debe tener el CBR de la sub – rasante para ser usado como estructura del pavimento. A continuación en la tabla se muestra los valores de mejora del CBR del suelo - cal con respecto al CBR de los suelos patrón

Tabla 10 Resumen de resultados de Mejora de Resistencia de los Suelos de la carretera PARIA - WILCAHUAIN

MEZCLA	% DE CONTENIDO	CARACTERIZTICAS DE COMPACTCIÓN		EXPANSION (%)	RELACION DE SOPORTE CBR (%)
		M.D.S	OCH		
SUELO ARENA ARCILLOSA + CAL	0%	2.04	8.00%	1.01%	3.50%
	2%	2.00	8.60%	0.49%	6.50%
	8%	1.94	10.60%	0.11%	12.00%
SUELO ARCILLOSO + CAL	0%	1.80	8.10%	1.62%	8.00%
	2%	1.83	7.40%	0.29%	19.00%
	4%	1.85	7.20%	0.13%	28.00%

Fuente: Elaboración Propia

### 3.2.2. RESULTADOS RESPECTO AL OBJETIVO ESPECIFICOS

A continuación se presentan los resultados de los ensayos realizados a cada una de las muestras de suelo para lograr establecer sus propiedades físicas y mecánicas antes de ser tratadas con el estabilizante químico cal hidratada. Para obtener las muestras representativas a utilizar, primero se dividió la carretera no pavimentada PARIA - WILCAHUAIN en tres tramos iguales correspondiente a cada 1000m aproximadamente donde en cada una de ellas se realizó una calicata a una profundidad de 1.50m, siendo estas muestras provenientes de dicha exploración.

#### 3.2.2.1. DETERMINAR LAS CARACTERIZTICAS FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO NATURAL DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA PARIA – WILCAHUAIN

##### a) CONTENIDO DE HUMEDAD

Al determinar la cantidad de agua presente en el suelo de fundación nos da una referencia para saber si es mayor o menor del contenido óptimo de humedad para poder compactar el suelo de la sub - rasante. Los contenidos de humedad obtenidos se muestran en la tabla 11.

Tabla 11 Resumen de resultados del Contenido de Humedad

CONTENIDO DE HUMEDAD				
CALICATA	PROG.	PROFUNDIDAD (m)	TRAMO	W%
C-1	Km 0+067.6	0.35 – 1.50	TRAMO 1	6.70%
C-2	Km 1+293.09	0.50 – 1.50	TRAMO 2	8.20%
C-3	Km 2+042.53	0.40 – 1.50	TRAMO 3	7.80%

**Fuente: Elaboración Propia**

De los resultados obtenidos podemos deducir que en promedio el contenido de humedad de la carretera no pavimentada es de 7.56%.

b) ANALISIS GRANULOMETRICO

Este ensayo nos sirve para poder clasificar las partículas del suelo en función de su tamaño. En la tabla 12 se muestra el resumen de los ensayos granulométricos de las tres calicatas.

Tabla 12 Resumen de resultados del Ensayo Granulométrico

Malla		% PASANTE		
Tamiz	mm	C - 1	C - 2	C - 3
3"	75	100	100	100
2"	50	100	100	100
1 ½"	37.5	100	100	95.2
1"	25	88.2	94	90.7
¾"	19	83.8	90.6	87.7
1/2"	12.5	79.2	88.3	86.4
3/8"	9.5	76.6	87.7	85.5
1/4"	6.25	74	86.9	84.7
Nº4	4.75	71.6	85.7	83.8
Nº10	2	64.7	78.7	82
Nº20	0.85	58.2	74.3	80
Nº40	0.425	50.2	71.2	75.7
Nº60	0.25	44.6	65.2	70
Nº140	0.106	34	58	65.4
Nº200	0.075	32	51.4	56.8

**Fuente: Elaboración propia**

Se puede apreciar de los resultados, que el primer tramo cuya muestra es de la calicata C-1 que en promedio el 32.0% pasa la malla Nº200, en el segundo tramo el material fino es de 51.4% y por último en el tercer tramo el material pasante la malla Nº200 es de 56.8% indicando la presencia de material limo arcilloso. A partir de estos datos se podrá graficar la curva granulométrica para poder determinar el porcentaje de cada material correspondiente a grava, arena y limo-arcilla, presentes en las muestras representativas analizadas.

c) LIMITES DE CONSISTENCIA

Las muestras analizadas presentaron una plasticidad baja. El primer tramo tiene un índice de plasticidad IP menor al 10%, el segundo y tercer tramo en promedio tienen un IP mayor al 10% la cual se podría deducir que en ambos tramos presentan un suelo arcilloso. En la tabla 13 se resume la ejecución de los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, estos datos son de vital importancia, ya que con ello se podrá clasificar el tipo de suelo y en el caso de mejorar el suelo, nos ayuda a tomar la mejor decisión sobre el tipo de estabilizador a utilizar.

Tabla 13 Resumen de resultados de los Límites de Consistencia

CALICATA	MUESTRA	LL	LP	IP
C-01	M-1	24.42%	16.18%	8.24%
C-02	M-1	27.14%	17.25%	9.89%
C-03	M-1	30.11%	19.63%	10.48%

**Fuente: Elaboración propia**

De la tabla 13 podemos observar que la muestra de la calicata 3 presenta mayor porcentaje de plasticidad con un 10.48%.

d) CARACTERISTICAS DE LOS SUELOS EXISTENTES EN EL TRAMO EN ESTUDIO.

De los resultados obtenidos anteriormente en los ensayos, basados en las características generales de los suelos para carreteras, se pasó a clasificar los suelos predominantes por el sistema AASHTO Y SUCS.

- Para la clasificación SUCS se consideró la granulometría, porcentajes pasantes la malla N°4, N° 200 y las características plásticas
- Para la clasificación AASHTO se consideró la granulometría, los porcentajes pasantes la malla N° 10, N° 40, N° 200, las características plásticas y el índice de grupo. Para evaluar la calidad de un suelo para ser usado como material de Sub –

Rasante en carreteras; es de vital importancia conocer el índice de grupo (IG), que está en función del LL, IP y el material pasante la malla N° 200, en la siguiente tabla se muestra la clasificación de suelos.

Tabla 14 Clasificación de Suelos

CALICATA	MUESTRA	TRAMO	SUCS	AASHTO
C-01	M-01	T1	SC ( ARENA ARCILLOSA, MEZCLA DE ARENA MAL GRADUADA)	A-2-4
C-02	M-01	T2	CL ( ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDD CON ARENA Y POCA GRAVA)	A-4(2)
C-03	M-01	T3	CL ( ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDD CON ARENA Y POCA GRAVA)	A-4(4)

**Fuente: Elaboración propia**

De los resultados obtenidos se puede concluir que todas las muestras presentan material arcilloso la cual son características particulares de un material que presenta baja capacidad de soporte CBR.

- e) DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE ÓPTIMO DE CAL ESTABILIZANTE PARA LA SUB – RASANTE EN BASE A SU PH DE LOS SUELOS ANALIZADOS.

Los distintos criterios y pruebas por las que se optaron para tener referencia del porcentaje óptimo de cal en la mezcla suelo-estabilizador fue a base de teorías establecidas en reglamentos y normas peruanas, entre ellas uno de los métodos por la que se opto fue el de EADES – GRIM (ASTM D – 6276), la cual se basa en que el pH de la mezcla suelo + cal + agua se aproxime al valor de 12.4. Este ensayo se aplicó a los dos tipos de suelos que predominan en la carretera. En las siguientes Tablas se muestran los resultados del pH para los dos tipos de suelo.

Tabla 15 Análisis de PH con Cal Hidratada para un Suelo de Estrato Arena Arcillosa (SC)

MUESTRA	TIPO DE SUELO	% DE CAL	PESO DEL SUELO (gr)	PESO DE CAL (gr)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	PH
1	SC	1%	25	0.25	100 ml	7.98
2	SC	2%	25	0.50	100 ml	9.80
3	SC	3%	25	0.75	100 ml	10.93
4	SC	4%	25	1.00	100 ml	11.64
5	SC	5%	25	1.25	100 ml	12.04
6	SC	6%	25	1.50	100 ml	12.23
7	SC	7%	25	1.75	100 ml	12.30
8	SC	8%	25	2.00	100 ml	<b>12.32</b>

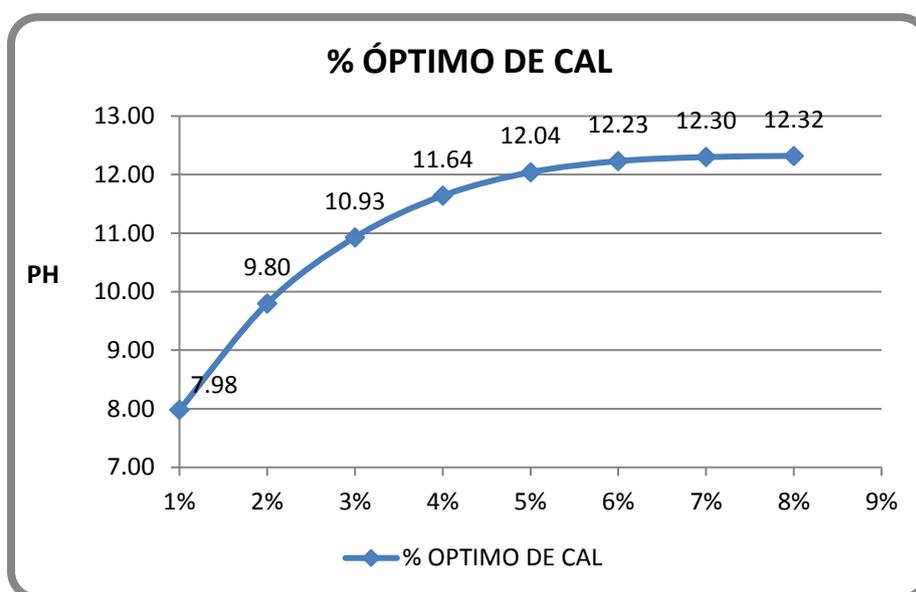


Figura 2 Variación del pH del suelo SC con respecto al % de Cal

De la tabla 15 y la figura 2 se puede observar que con 8% de cal recién se llega a lo requerido para la estabilización química del suelo arena arcillosa de la sub – rasante

Tabla 16 Análisis de PH con Cal Hidratada para un suelo de Estrato Arcilla Inorgánica (CL)

MUESTRA	TIPO DE SUELO	% DE CAL	PESO DEL SUELO (gr)	PESO DE CAL (gr)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	PH
1	CL	1%	25	0.25	100 ml	8.21
2	CL	2%	25	0.50	100 ml	10.96
3	CL	3%	25	0.75	100 ml	12.10
4	CL	4%	25	1.00	100 ml	<b>12.38</b>
5	CL	5%	25	1.25	100 ml	12.42
6	CL	6%	25	1.50	100 ml	12.50
7	CL	7%	25	1.75	100 ml	12.55
8	CL	8%	25	2.00	100 ml	12.55

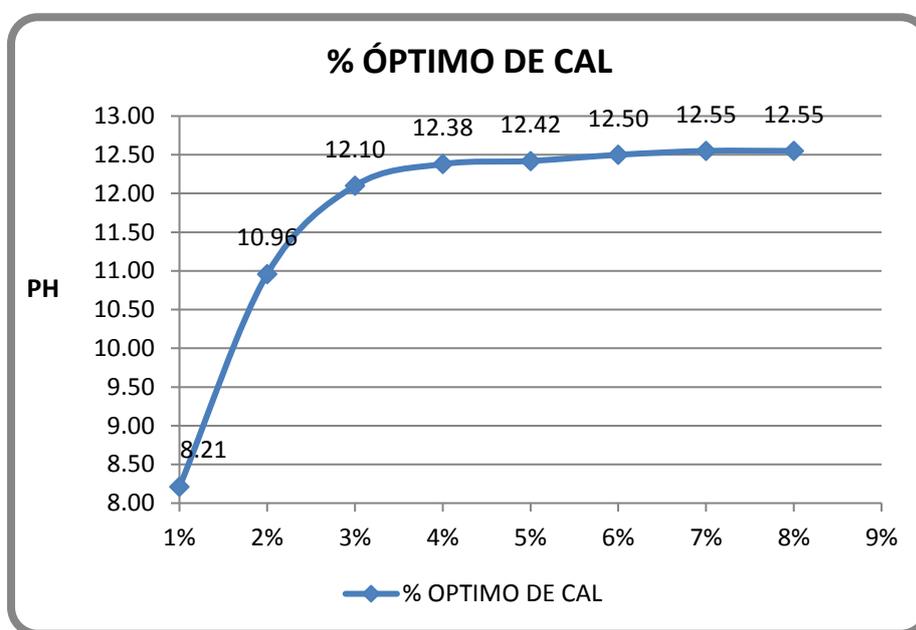


Figura 3 Variación del pH del suelo CL con respecto al % de Cal

De la tabla 16 y la figura 3 se puede observar que para estabilizar este tipo de suelos se requiere del 4% de cal en peso del suelo seco.

f) ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

Se determinó la relación del contenido de humedad y la máxima densidad seca, obteniendo así la curva de compactación del suelo, En la tabla 17 se muestra los resultados obtenidos de los ensayos de Proctor modificado de las calicatas N°1, N°2 Y N°3 correspondientes al primer, segundo y tercer tramo.

Tabla 17 Resumen de resultados del Proctor Modificado al Suelo Patrón

CALICATA	MUESTRA	TRAMO	MDS	OCH
C-01	M-01	T-1	2.043	8.00%
C-02	M-01	T-2	1.832	8.80%
C-03	M-01	T-3	1.80	8.60%

**Fuente: Elaboración propia**

g) ENSAYO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR)

En la siguiente tabla se muestra el resumen de los resultados del ensayo de CBR, sumergido a 4 días por tratarse de suelos que presentan arcilla con una sobre carga de 4.5 kg. Se determinó el porcentaje de expansión y además el valor del CBR al 95 % y 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) a una penetración de 0.1”, los resultados obtenidos son muy importantes ya que a partir de ello podemos comparar con los resultados obtenidos con la adición del Estabilizante químico cal aplicado al suelo de la Sub - Rasante.

Tabla 18 Resumen de resultados del Ensayo de CBR al Suelo Patrón

CALICATA	MUESTRA	EXPANSION	CBR AL 100 % DE MDS
C-01	SC	1.01%	3.50%
C-02	CL	1.14%	10.00%
C-03	CL	1.62%	8.00%

**Fuente: Elaboración propia**

### 3.2.2.2. DETERMINAR EL VALOR DEL CBR DEL SUELO DE LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA PARIA – WILCAHUAIN DESPUES DE ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL

Después de determinar y conocer las propiedades físicas y mecánicas de cada una de las muestras patrón, ahora a continuación se presentaran los resultados de los ensayos realizados con la adición del estabilizante químico cal en diferentes proporciones que fue aplicada a las muestras de la calicata C-01 y calicata C-03, debido a que la calicata C-02 presentaba características similares a una de ellas. En cuanto a los ensayos realizados en la muestra suelo - cal, con la finalidad de lograr el objetivo general en este estudio, se realizaron los ensayos de Proctor Modificado y la relación de soporte CBR, todo ello contemplando los mismos procedimientos de mezclas y preparación de especímenes a lo indicado en las normativas.

#### a) PROCTOR MODIFICADO

De los ensayos de Proctor modificado que se realizó para la muestra de la calicata C-01 y C-03 con la adición de la cal, se obtuvo los siguientes datos que se muestra en la tabla 19.

Tabla 19 Resumen de resultado del Ensayo Proctor Modificado a la Mezcla Suelo - Cal

CALICATA	MUESTRA	% DE CAL HIDRATADA	MDS	OCH
C-01	SC	2%	2.00	8.60%
		8%	1.94	10.64%
C-03	CL	2%	1.83	7.40%
		4%	1.85	7.20%

Fuente: Elaboración propia

#### b) RELACION DE SOPORTE (CBR)

A continuación se muestra el resumen de los valores que se obtuvieron al realizar el ensayo de CBR a la mezcla suelo – cal, con el óptimo contenido de humedad obtenido del ensayo anterior. Aquellos valores son mostrados en la tabla 20.

Tabla 20 Resumen de resultados del Ensayo CBR a la Mezcla Suelo - Cal

CALICATA	MUESTRA	% DE CAL HIDRATADA	EXPANSIÓN	CBR AL 100 % DE M.D.S
C-01	SC	2%	0.49%	6.50%
		8%	0.11%	12.00%
C-03	CL	2%	0.29%	19.00%
		4%	0.13%	28.00%

Fuente: Elaboración propia

#### 3.2.2.3. PROPUESTA CONCRETA DE MEJORA

Al determinar que la aplicación del estabilizante químico cal al suelo de la sub – rasante fue una alternativa conveniente que contribuyo a la mejora del comportamiento estructural de la carretera PARIA – WILCAHUAIN tal como se observa en las tablas 19 y 20, se analizó el costo de dicho estabilizante. Aplicado a cada una de las muestras analizadas.

##### 3.2.2.3.1. CANTIDAD Y COSTO DE CAL REQUERIDA POR ÁREA DE SUELO

Para determinar la tasa de cal en peso por área a adicionar para la mezcla es calculado por la siguiente formula.

$$\text{Tasa} = \text{Densidad del Suelo compactado} \times \% \text{ de cal} \times \text{profundidad de la estabilización}$$

- **Tasa de riego de cal para el suelo de estrado arena arcillosa "SC"**

Tabla 21 Cantidad de cal por área para un suelo "SC"

CANTIDAD DE CAL POR AREA PARA UN SUELO "SC"					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	M.D.S COMAPCTADA (KG/M3)	ESPESOR DE CAPA A ESTABILIZAR (m)	% DE CAL OPTIMO	TOTAL
ESTABILIZACION CON CAL	<b>KG /M2</b>	2040	0.15	0.08	24.48

**Fuente: Elaboración propia**

- **Tasa de riego de cal para el suelo de estrado Arcilla inorgánica "CL"**

Tabla 22 Cantidad de cal por área para un suelo "CL"

CANTIDAD DE CAL POR AREA PARA UN SUELO "CL"					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD DE MEDIDA	M.D.S COMAPCTADA (KG/M3)	ESPESOR DE CAPA A ESTABILIZAR (m)	% DE CAL OPTIMO	TOTAL
ESTABILIZACION CON CAL	<b>KG /M2</b>	1080	0.15	0.04	6.48

**Fuente: Elaboración propia**

- Costo de estabilización para un espesor de 0.15 m, parámetro especificado en el Manual de carreteras no pavimentada de bajo Volumen de Transito, cuando se tiene un CBR de regular a pobre.

Tabla 23 Costo Estimado de Estabilización con cal para los estratos "SC" Y "CL" en un espesor de 0.15m

DESCRIPCIÓN	TIPO DE SUELO	CANTIDAD (Kg/m2)	PRECIO UNITARIO DE LA CAL ( X Kg)	TOTAL
				PRECIO /M2
ESTABILIZACION CON CAL	SC	24.48	S/. 2.30	S/. 56.30
ESTABILIZACION CON CAL	CL	6.48	S/. 2.30	S/. 14.90

**Fuente: Elaboración propia**

De las tablas 21, 22 y 23 se llega a la conclusión que realizar la estabilización con cal para un suelo "CL" cuesta menos que para un "SC"

### 3.3. RESULTADOS DESCRIPTIVOS

#### 3.3.1. OBTENCION DE LAS CARACTERISTICAS FISICAS Y MECANICAS DEL SUELO PATRON Y DE LA MEZCLA SUELO-CAL.

##### 3.3.1.1. CONTENIDO DE HUMEDAD

##### 3.3.1.1.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Para la ejecución de este ensayo de contenido de humedad de las muestras patrón se siguió de acuerdo al procedimiento establecido por la siguiente Norma técnica peruana NTP 339.127. El ensayo se realizó a las muestras inalteradas aproximadamente 500 gr extraídas de cada una de las calicatas, esta muestra inmediatamente se trasladó al laboratorio VH Laboratorio, donde se determinó la cantidad de agua presente en la muestra de suelo, por medio de los siguientes cálculos.

- Primero determinamos el Peso del agua ( $W_w$ )

$$W_w = \text{Peso total del suelo humedo} - \text{Peso total del suelo seco}$$

- Segundo se determinó el peso del suelo seco ( $W_s$ )

$$W_s = \text{peso total del suelo seco} - \text{Peso del recipiente (tara)}$$

- Tercero se calculó el contenido de humedad del suelo de cada una de las muestras representativas ( $W\%$ )

$$\%W = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

- Finalmente se obtiene el promedio de los porcentajes de humedad. Tal como se detalla en las siguientes tablas.

### 3.3.1.1.2. TABLAS ESTADISTICAS

Tabla 24 Contenido de Humedad para el Suelo de Estrato Arena Arcillosa  
Correspondiente al 1° tramo (C-01)

<b>ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b>					
1	N° DEL RECIPIENTE		1	2	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	20.9	18.8	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	85.1	69.1	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	81.0	66.0	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA	(3) - (4) (g)	4.1	3.1	
6	PESO DEL SUELO SECO	(4) - (2) (g)	60.1	47.2	PROMEDIO
7	CONTENIDO DE HUMEDAD	(5) / (6) * 100 (%)	6.8	6.5	<b>6.7</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 25 Contenido de Humedad para el Suelo de Estrato Arcilloso  
Correspondiente al 2° tramo (C-02)

<b>ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL</b>					
1	N° DEL RECIPIENTE		21	22	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	19.8	17.5	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	99.3	88.6	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	92.9	83.5	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA	(3) - (4) (g)	6.4	5.1	
6	PESO DEL SUELO SECO	(4) - (2) (g)	73.1	66.0	PROMEDIO
7	CONTENIDO DE HUMEDAD	(5) / (6) * 100 (%)	8.8	7.7	<b>8.2</b>

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 26 Contenido de Humedad para el Suelo de Estrato Arcilloso Correspondiente al 3° tramo (C-03)

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL						
1	N° DEL RECIPIENTE		3	4		
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	20.5	17.1		
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	109.8	79.6		
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	103.7	74.8		
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA	(3) - (4) (g)	6.1	4.8		
6	PESO DEL SUELO SECO	(4) - (2) (g)	83.2	57.7	PROMEDIO	
7	CONTENIDO DE HUMEDAD	(5) / (6) * 100 (%)	7.3	8.3		<b>7.8</b>

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1.1.3. ANALISIS DEL RESULTADO

La humedad promedio de los suelos del estrato arcilloso correspondiente al Segundo y Tercer tramo es de 8.00%. Mientras que la humedad promedio del suelo del estrato arena arcillosa es de 6.70 %.

De lo cual podríamos deducir que el suelo con estrato arcilloso presento mayor humedad en comparación al suelo del estrato arena arcillosa. Tal como se puede ver en la siguiente figura

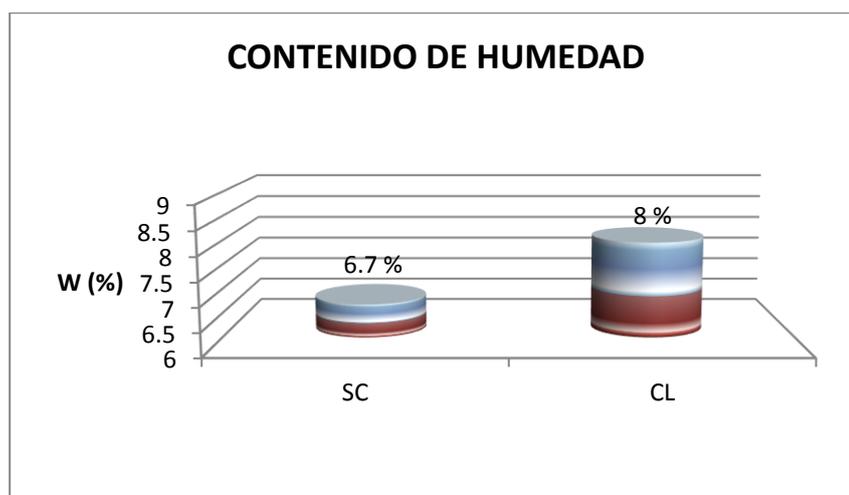


Figura 4 Análisis del Contenido de Humedad de las Muestras Analizadas

### 3.3.1.2. ANALISIS GRANULOMETRICO

#### 3.3.1.2.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Este ensayo se realizó solamente para las muestras patrón de cada una de las calicatas de acuerdo a la NTP 339.128 el cual consiste en el análisis granulométrico por lavado.

Para la ejecución de esta prueba inicialmente se realizó el secado de la muestra alterada, se pesó aproximadamente 2000 gr. Seguidamente se procedió a lavar el material por el tamiz N° 200.

El material retenido por la malla N° 200 se retiró en una vasija para posteriormente ser secada, luego se dejó pasar la muestra ya seca por el juego de tamices normados, lo cual fue agitado manualmente durante un tiempo de 10 minutos. Finalmente se determinaron los porcentajes pasantes de cada tamiz y se graficó la curva granulométrica. Por medio de los siguientes cálculos.

- Primero se calculó el porcentaje retenido (%PR) en cada uno de los tamices.

$$\% PR = \frac{\text{Peso del material retenido en cada tamiz}}{\text{peso total de la muestras seca}} \times 100$$

- Segundo se calculó el porcentaje retenido acumulado (% PAR)

$$\% PAR = \text{Suma de porcentagejes mayores o iguales}$$

- Tercero se calculó el porcentaje pasante de cada uno de los tamices

$$\% PASA = 100 - \% PAR$$

- Finalmente se grafica la curva granulométrica, Para graficar la curva granulométrica se consideraron los porcentajes del material que pasa y la abertura de las mallas.

### 3.3.1.2.2. DIAGRAMAS Y TABLAS ESTADISTICAS

Tabla 27 Granulometría para el Suelo de Estrato Arena Arcillosa (C-01)

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>				
<b>PESO INICIAL</b>	2518.0	1712.0		
<b>MALLAS</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>% RET.</b>	<b>%PASA</b>
3"	75.000	<b>0.0</b>	0.0	100.0
2"	50.000	<b>0.0</b>	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	<b>0.0</b>	0.0	100.0
1"	25.000	<b>296.0</b>	11.8	88.2
3/4"	19.000	<b>112.0</b>	4.4	83.8
1/2"	12.500	<b>116.0</b>	4.6	79.2
3/8"	9.500	<b>66.0</b>	2.6	76.6
1/4"	6.250	<b>64.0</b>	2.5	74.0
N°4	4.750	<b>60.0</b>	2.4	71.6
N°10	2.000	<b>174.0</b>	6.9	64.7
N°20	0.850	<b>164.0</b>	6.5	58.2
N°40	0.425	<b>202.0</b>	8.0	50.2
N°60	0.250	<b>142.0</b>	5.6	44.6
N°140	0.106	<b>266.0</b>	10.6	34.0
N°200	0.075	<b>50.0</b>	2.0	32.0
<N°200		806.0	<b>32.0</b>	0.0

Fuente: Elaboración Propia

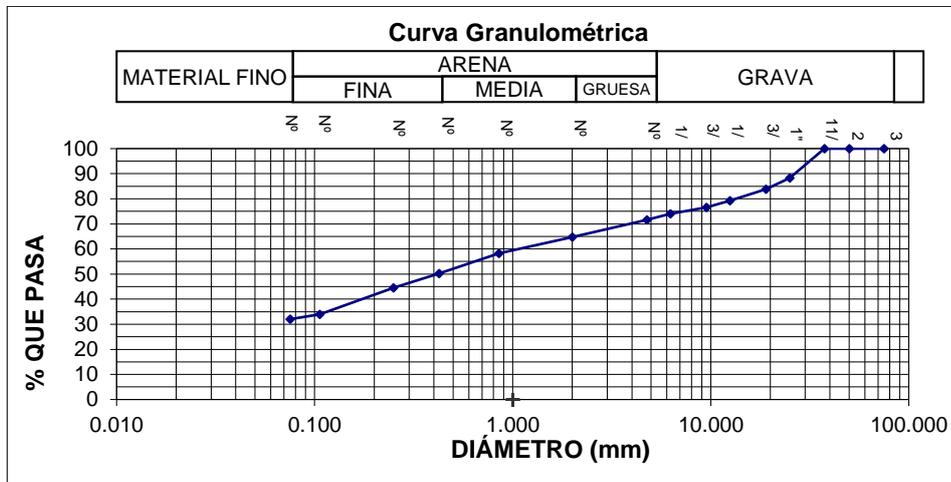


Figura 5 Curva Granulométrica para el Suelo de Estrato Arena Arcillosa (C-01)

Tabla 28 Granulometría para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-02)

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>				
<b>PESO INICIAL</b>	1717.7	835.4		
<b>MALLAS</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>% RET.</b>	<b>%PASA</b>
3"	75.000	<b>0.0</b>	0.0	100.0
2"	50.000	<b>0.0</b>	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	<b>0.0</b>	0.0	100.0
1"	25.000	<b>102.8</b>	6.0	94.0
3/4"	19.000	<b>58.3</b>	3.4	90.6
1/2"	12.500	<b>39.1</b>	2.3	88.3
3/8"	9.500	<b>10.4</b>	0.6	87.7
1/4"	6.250	<b>14.8</b>	0.9	86.9
N°4	4.750	<b>20.5</b>	1.2	85.7
N°10	2.000	<b>119.3</b>	6.9	78.7
N°20	0.850	<b>76.8</b>	4.5	74.3
N°40	0.425	<b>52.4</b>	3.1	71.2
N°60	0.250	<b>103.0</b>	6.0	65.2
N°140	0.106	<b>124.8</b>	7.3	58.0
N°200	0.075	<b>113.2</b>	6.6	51.4
	<N°200	882.3	<b>51.4</b>	0.0

Fuente: Elaboración Propia

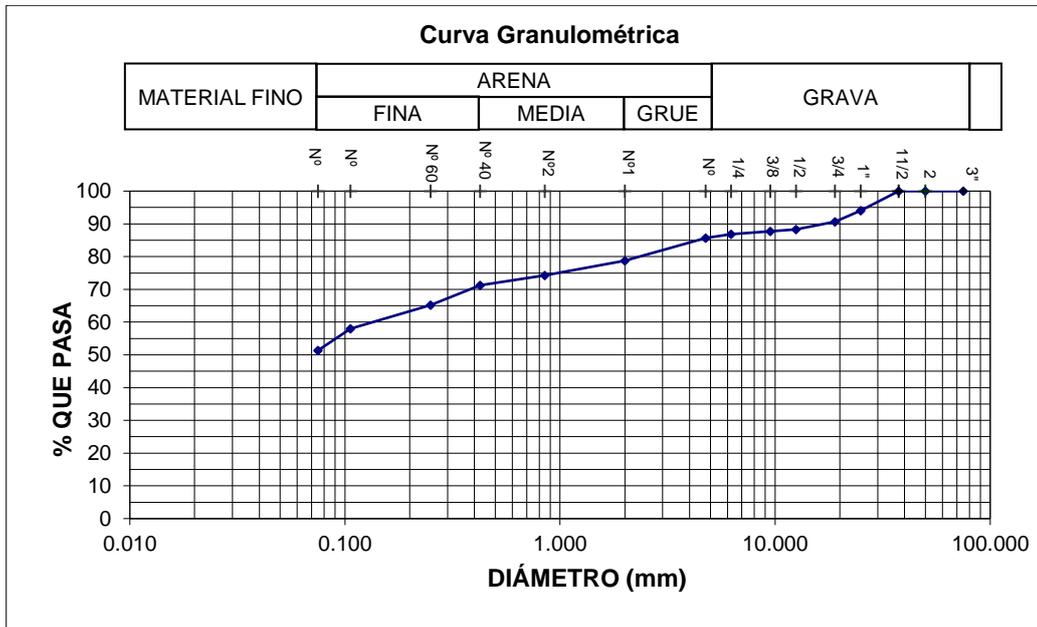


Figura 6 Curva Granulométrica para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-02)

Tabla 29 Granulometría para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-03)

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</b>				
<b>PESO INICIAL</b>	2117.0	913.5		
<b>MALLAS</b>	<b>DIÁMETRO</b>	<b>PESO RET.</b>	<b>% RET.</b>	<b>%PASA</b>
3"	75.000	<b>0.0</b>	0.0	100.0
2"	50.000	<b>0.0</b>	0.0	100.0
1 1/2"	37.500	<b>101.6</b>	4.8	95.2
1"	25.000	<b>95.4</b>	4.5	90.7
3/4"	19.000	<b>64.4</b>	3.0	87.7
1/2"	12.500	<b>26.0</b>	1.2	86.4
3/8"	9.500	<b>20.6</b>	1.0	85.5
1/4"	6.250	<b>15.4</b>	0.7	84.7
N°4	4.750	<b>18.9</b>	0.9	83.8
N°10	2.000	<b>39.0</b>	1.8	82.0
N°20	0.850	<b>42.9</b>	2.0	80.0
N°40	0.425	<b>90.0</b>	4.3	75.7
N°60	0.250	<b>120.8</b>	5.7	70.0
N°140	0.106	<b>98.1</b>	4.6	65.4
N°200	0.075	<b>180.4</b>	8.5	56.8
	<N°200	1203.5	<b>56.8</b>	0.0

Fuente: Elaboración Propia

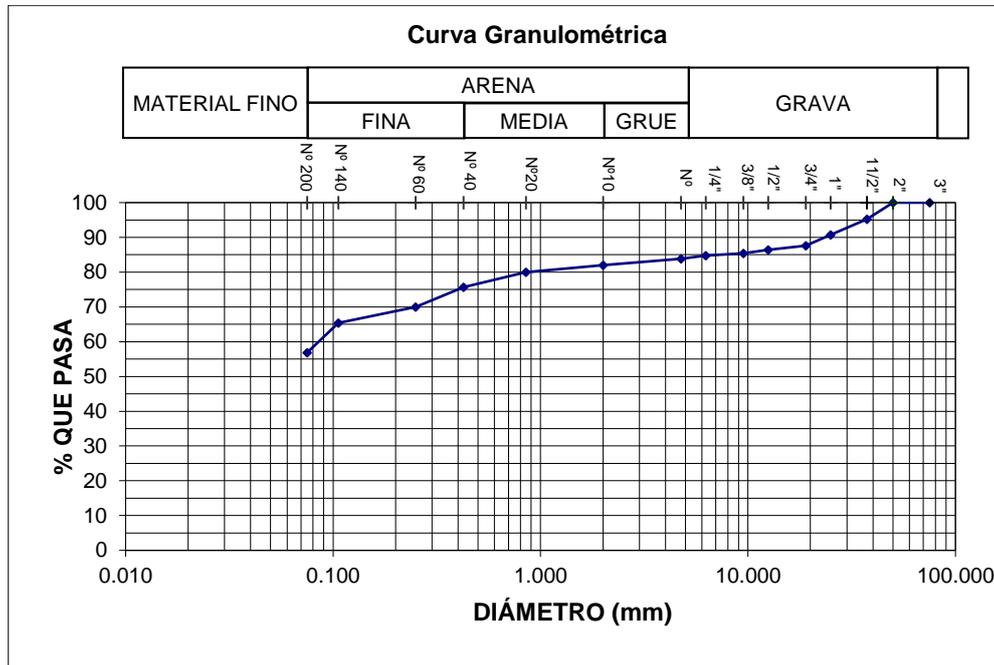


Figura 7 Curva Granulométrica para el Suelo de Estrato Arcilloso (C-03)

### 3.3.1.2.3. ANALISIS DE LA PRUEBA

De las tres muestras analizadas de acuerdo a la ejecución del ensayo de granulometría, se determinó cada curva granulométrica de la cual a partir de ello y con la ayuda del % parcial del material retenido en cada tamiz se pudo clasificar el porcentaje de material correspondiente a grava, arena y arcilla presente en cada muestra analizada. La cual se concluyó que la muestra representativa de la calicata C-01 presenta mayor porcentaje de arena al de las otras con un 39.6 % y también se pudo apreciar que la muestra de la calicata C-03 presenta mayor porcentaje de limo y arcilla con un 56.8%, tal como se aprecia en la siguiente tabla y figura.

Tabla 30 Contenido de Porcentaje por Material

MATERIAL	C-1	C-2	C-3
	TRAMO 1	TRAMO 2	TRAMO 3
Grava	28.40%	14.30%	16.20%
Arena	39.60%	34.30%	27.00%
Limo y Arcilla	32.00%	51.40%	56.80%

Fuente: Elaboración Propia

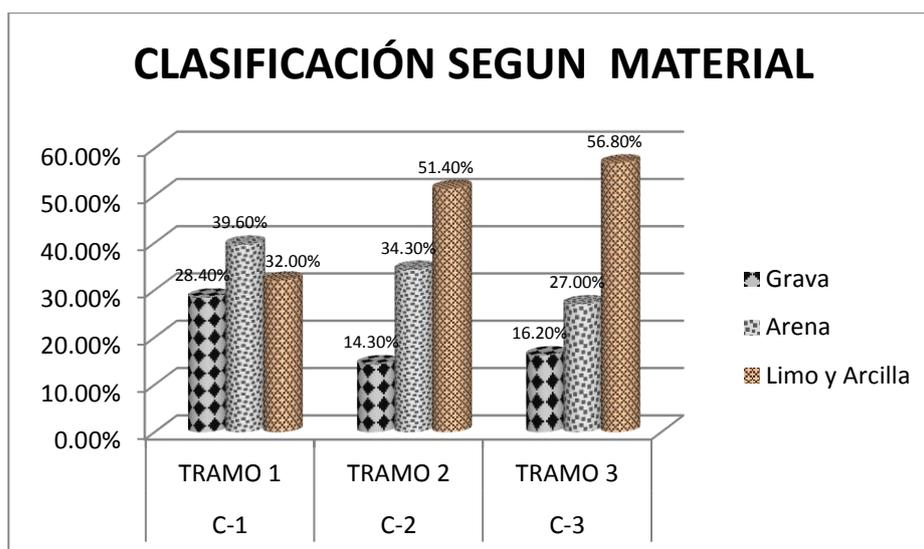


Figura 8 Clasificación de las Muestras según Material Presente

### 3.3.1.3. LIMITES DE CONSISTENCIA

#### 3.3.1.3.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

Estos ensayos se realizaron solamente para las muestras patrón, de acuerdo a lo indicado en la NTP 339.129

a) LIMITE LIQUIDO: Antes de la ejecución de este ensayo se obtuvo 100 gr aproximadamente de la muestra pasante por el tamiz N° 40, seguidamente en una vasija se mezcló el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta suave y uniforme, para posteriormente colocar una porción de esta pasta en la copa de casa grande con espesor de 1cm. En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quede dividida en dos partes.

A continuación se acciono la copa de casa grande a razón de golpes (2) por segundo. Contando el número de golpes necesarios para que la parte inferior del talud de la ranura se cierre 1.27cm, luego se tomó 10 gr de suelo aproximadamente de la ranura cerrada y se determinó el contenido de humedad de esta.

Finalmente se realizó la gráfica de fluidez determinando la ordenada correspondiente a los 25 golpes, este valor que se obtuvo fue el límite líquido del suelo.

Este ensayo se realizó para cada una de las calicatas,

b) LIMITE PLASTICO: Con la misma pasta del ensayo anterior, se mezcló perfectamente alrededor de 15gr de suelo húmedo. Para posteriormente este ser roleado de manera uniforme sobre una placa de vidrio hasta alcanzar un diámetro de 3 mm. Se repitió el roleo constante reduciéndole el contenido de humedad. Se pudo decir que llegamos al límite plástico cuando este bastoncillo roleado se cuarteo. Un vez terminado el ensayo, la muestra cuarteada fue llevada a una vasija para luego se haga la medición del contenido de humedad.

### 3.3.1.3.2. DIAGRAMAS Y TABLAS ESTADISTICAS

Tabla 31 Limite Liquido Y Limite Plástico de la Muestra del 1° tramo (C-01)

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>							
PRUEBA N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
ROTULO DE RECIPIENTE		1A	1B	1C		1D	1E
NÚMERO DE GOLPES		<b>35</b>	<b>30</b>	<b>19</b>			
<b>1</b>	PESO DEL RECIPIENTE (g)	16.1	19.4	17.5		16.3	7.9
<b>2</b>	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	31.3	35.8	33.0		19.1	10.90
<b>3</b>	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	28.4	32.6	29.8		18.7	10.5
<b>4</b>	PESO DEL AGUA (g)	2.92	3.2	3.12		0.4	0.4
<b>5</b>	PESO DEL SUELO SECO (g)	12.24	13.24	12.36		2.34	2.62
<b>6</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>24</b>	<b>24</b>	<b>25</b>		<b>17</b>	<b>15</b>

Fuente: Elaboración Propia

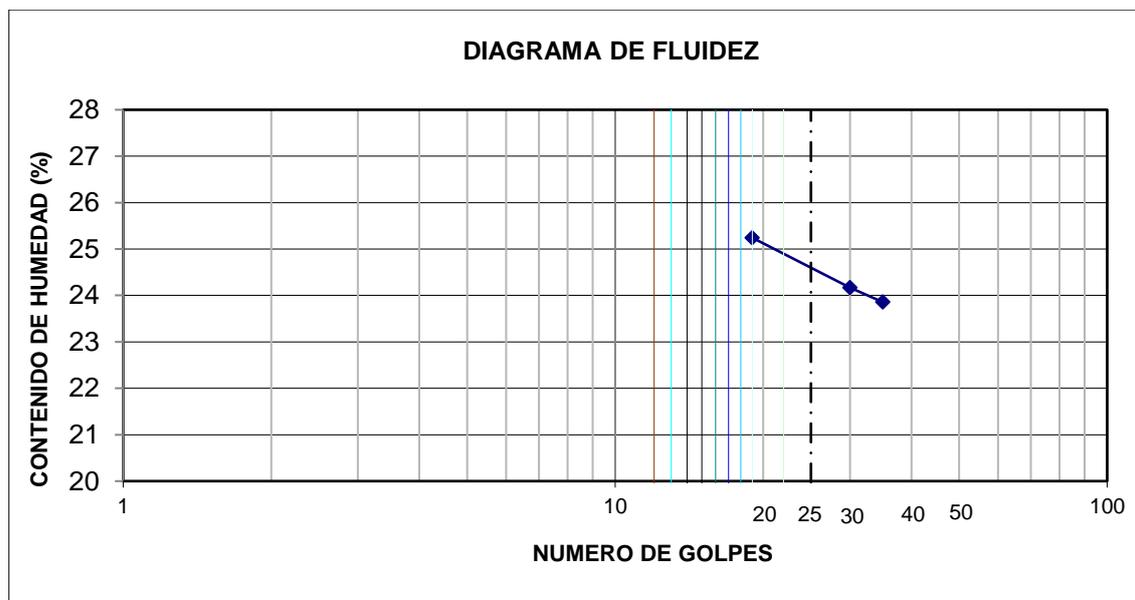


Figura 9 Diagrama de Fluidez de la Muestra del 1° tramo (C-01)

Tabla 32 Resumen de resultados de Limites de Consistencia del 1° tramo (C-01)

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Liquido	24.42 %
Limite Plástico	16.18 %
Índice de Plasticidad	8.24 %

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 33 Limite Liquido Y Limite Plástico de la Muestra del 2° tramo (C-02)

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>							
PRUEBA N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
RECIPIENTE N°		1	2	3		x	y
NÚMERO DE GOLPES		<b>34</b>	<b>20</b>	<b>16</b>			
<b>1</b>	PESO DEL RECIPIENTE (g)	17.7	18.8	17.9		16.1	16.3
<b>2</b>	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	31.30	30.60	28.00		21.67	22.10
<b>3</b>	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	28.30	28.10	25.90		20.80	21.30
<b>4</b>	PESO DEL AGUA (g)	2.00	2.50	2.10		0.87	0.80
<b>5</b>	PESO DEL SUELO SECO (g)	10.60	9.30	8.00		4.70	5.00
<b>6</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>28.30</b>	<b>26.88</b>	<b>26.25</b>		<b>18.51</b>	<b>16.00</b>

Fuente: Elaboración Propia

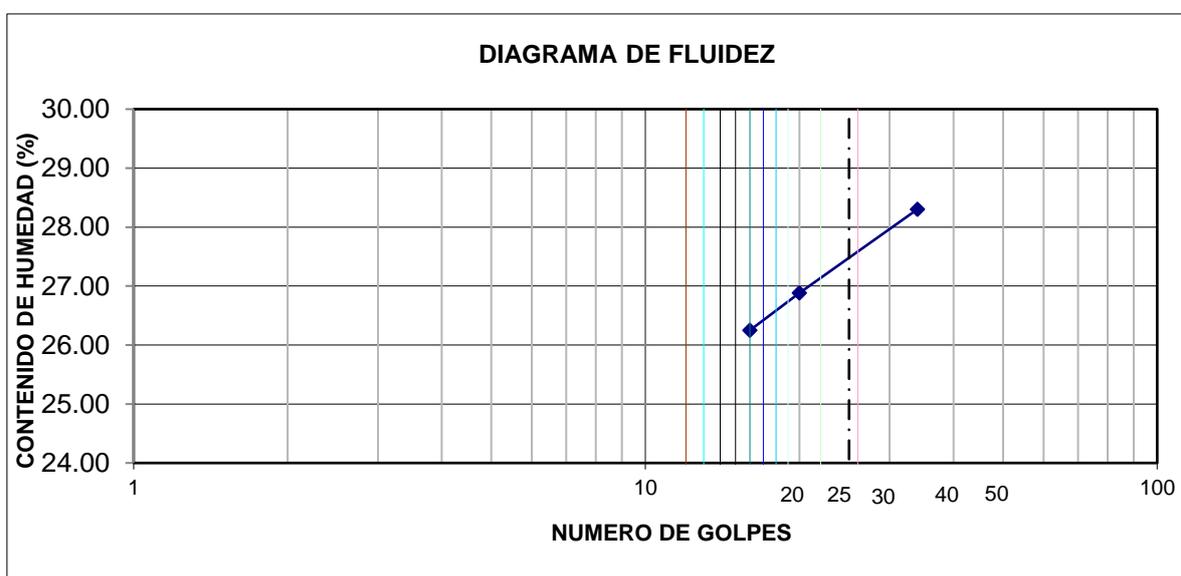


Figura 10 Diagrama de Fluidez de la Muestra del 2° tramo (C-02)

Tabla 34 Resumen de resultados de Limites de Consistencia del 2° tramo (C-02)

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Liquido	27.14 %
Limite Plástico	17.25 %
Índice de Plasticidad	9.89 %

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 35 Limite Liquido Y Limite Plástico de la Muestra del 3° tramo (C-03)

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>							
PRUEBA N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
	RECIPIENTE N°	18	17	16		15	14
	NÚMERO DE GOLPES	<b>13</b>	<b>18</b>	<b>29</b>			
<b>1</b>	PESO DEL RECIPIENTE (g)	13.1	9.9	9.0		9.0	9.4
<b>2</b>	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	38.15	36.74	38.86		12.60	12.81
<b>3</b>	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	32.41	30.53	31.88		12.02	12.24
<b>4</b>	PESO DEL AGUA (g)	5.74	6.21	6.98		0.58	0.57
<b>5</b>	PESO DEL SUELO SECO (g)	19.31	20.63	22.88		3.02	2.84
<b>6</b>	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>29.73</b>	<b>30.10</b>	<b>30.51</b>		<b>19.21</b>	<b>20.07</b>

Fuente: Elaboración Propia

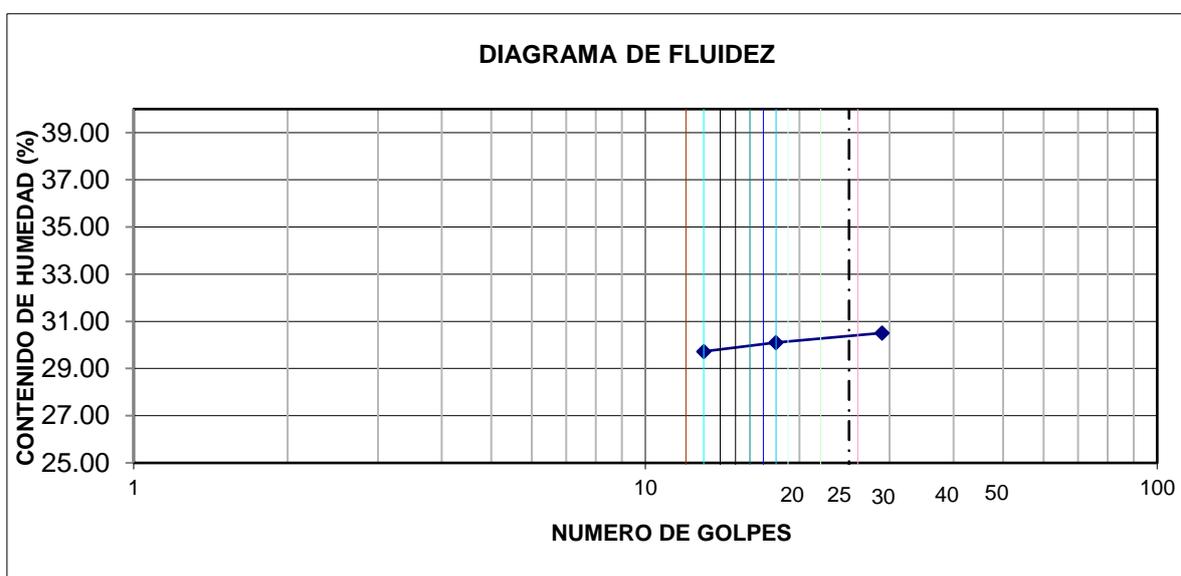


Figura 11 Diagrama de Fluidez de la Muestra del 3° tramo (C-03)

Tabla 36 Resumen de resultados de Limites de Consistencia del 3° tramo (C-03)

<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>	
Limite Liquido	30.11 %
Limite Plástico	19.63 %
Índice de Plasticidad	10.48 %

Fuente: Elaboración Propia

### 3.3.1.3.3. ANALISIS DE LA PRUEBA

De los resultados obtenidos de cada uno de los ensayos de límites de consistencia, se puede decir que dichos valores se encuentran dentro del rango aceptable con respecto a los parámetros establecidos para el límite líquido e índice de plasticidad, por las normativas EG-2013 sección terraplenes y MTC E110-2000. Tal como se muestra en las siguientes tablas y figuras.

Tabla 37 Comparación de los Límites de Consistencia con la Norma

CALICATA	NORMATIVA	LIMITE LIQUIDO		CONDICIÓN
		Rango de % Según Norma	Estado Natural	
C-01	MTC E 110-2000	35% MAX	24.42%	OK
C-02	MTC E 110-2000	35% MAX	27.14%	OK
C-03	MTC E 110-2000	35% MAX	30.11%	OK

Fuente: Elaboración Propia

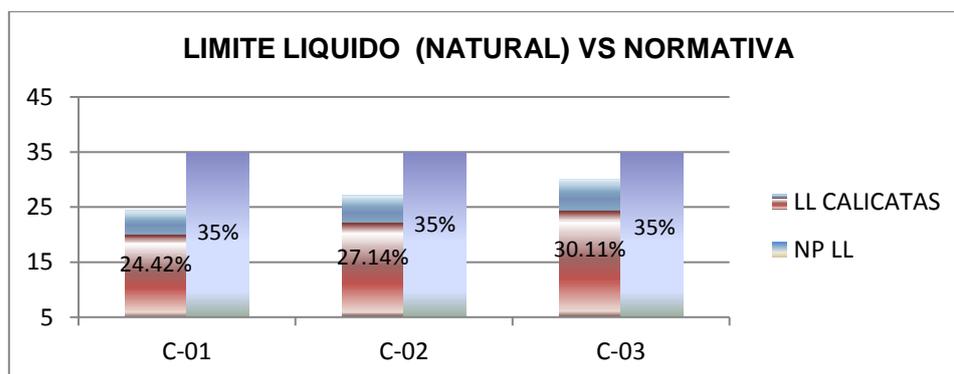


Figura 12 Variación del Límite Líquido respecto a la Norma

Tabla 38 Comparación del Índice de Plasticidad con la Norma

CALICATA	NORMATIVA	INDICE PLASTICO		CONDICIÓN
		Rango de % Según Norma	Estado Natural	
C-01	MTC E 110-2000	4% - 10%	8.24%	OK
C-02	MTC E 110-2000	4% - 10%	9.89%	OK
C-03	MTC E 110-2000	4% - 10%	10.48%	OK

Fuente: Elaboración Propia

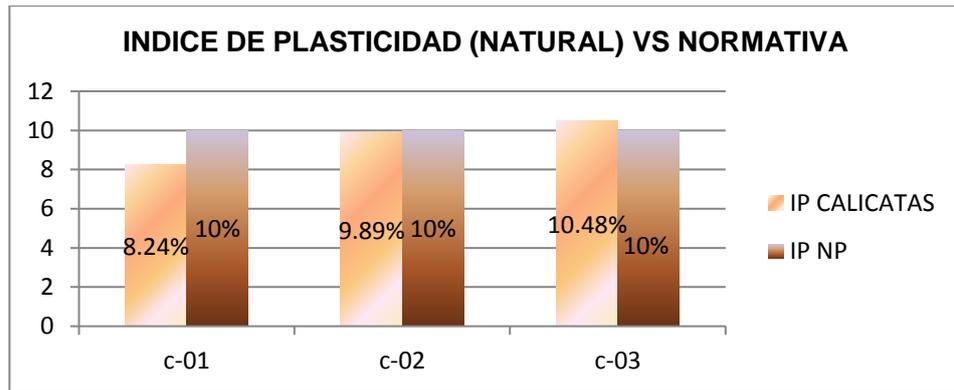


Figura 13 Variación del Índice de Plasticidad respecto a la Norma

De la tabla y figura se puede deducir que en promedio el límite líquido de la carretera en estudio es de 27.22 % lo cual no supera el máximo de 35 % que establece la norma para la sub - rasante, del mismo modo el índice de plasticidad de cada una de las muestras se encuentra en el rango de 4% - 10% de plasticidad.

#### 3.3.1.4. PROCTOR MODIFICADO

##### 3.3.1.4.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

El ensayo de Proctor modificado se realizó de acuerdo a la norma NTP 339.141, la ejecución de este ensayo se aplicó tanto a la muestra patrón, como a la muestra de la misma con distintos porcentajes del estabilizador cal.

En este caso las muestras patrón a analizar serán de las calicatas 1, 2 y 3, y en el caso de las muestras suelo – cal se harán alas calicatas 1 y 3 debido a que la calicata 2 presenta características muy similares a la de la muestra representativa del tramo 3.

Para el inicio de este ensayo primero tuvimos que definir el método de compactación, lo cual se basó en tamizar una muestra representativa por los tamices N° 4, 3/8" y 3/4° respectivamente, de manera que por porcentaje de participación de los pesos retenidos en dichas mallas se obtenga el método a ser usado (A, B o C), para nuestra investigación se obtuvo el método A. de acuerdo a lo seleccionado en la siguiente tabla.

Tabla 39 Elección del Método de Compactación

METODO	MOLDE	PESO DEL PISON	N° DE CAPAS	N° DE GOLPE POR CAPAS	USO DEL METODO DE COMPACTACIÓN
(A) P. Estándar	4"	5 Lb	3	25	Si 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4
(B) P. Estandar	4"	5 Lb	3	25	Si más del 20% del material es retenido en el tamiz n° 4 y 20% o menos es retenido en el tamiz de 3/8"
(B) P. Estándar	6"	5 Lb	3	56	si más del 20 % del material es retenido en el tamiz 3/8 " y 30% es retenido en el tamiz ¾"
(A) P. Modificado	4"	10 lb	5	25	Si 20% o menos del material es retenido en el tamiz N°4
(B) P. Modificado	4"	10 lb	5	25	Si más del 20% del material es retenido en el tamiz n° 4 y 20% o menos es retenido en el tamiz de 3/8"
(C) P. Modificado	6"	10 lb	5	56	si más del 20 % del material es retenido en el tamiz 3/8 " y 30% es retenido en el tamiz ¾"

**Fuente: Elaboración Propia**

Una vez seleccionado el método, se pasó a preparar 4 muestras de 3 kilos cada una con un determinado contenido de humedad, tres de ellas muestras patrón y las otras dos, con el estabilizador cal.

Preparada ya las muestras antes mencionados se procedió a colocarlas en el molde del Proctor, para seguidamente compactar cada una de ellas en 5 capas y cada una de las capas con 25 golpes de acuerdo a lo indicado en la tabla 39 método "A" este proceso se repite agregando el 2 % al 4% de agua a la muestra,

hasta que este llegue o se aproxime a su óptimo contenido de humedad, al finalizar el proceso de compactación de la última capa, se retiró el collarín del molde, y se procedió a nivelar con una regla metálica, para poder determinar la densidad húmeda, además del ensayo también se pudo determinar el contenido de humedad de cada muestra compactada.

Finalmente se grafica la curva de compactación, con los datos de contenido de humedad y los datos de densidad seca. Con la gráfica ya culminada se pudo determinar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, dichos datos nos van a servir para el desarrollo del ensayo del CBR. Datos que fueron obtenidos mediante los siguientes cálculos.

- Primero se realizó el cálculo la densidad húmeda

$$\% \rho_{hum} = \frac{\text{Peso de la muestra humedad}}{\text{volumen del molde}} \times 100$$

- Segundo se hizo el cálculo de la humedad

$$\% W = \frac{(\text{P. del suelo humedo} + \text{tara}) - (\text{P. del suelo seco} + \text{tara})}{(\text{P. del suelo seco} + \text{tara}) - (\text{Tara})} \times 100$$

- Finalmente se hizo cálculo de la densidad seca

$$\% \rho_s = \frac{\text{Densidad Humeda } (\rho_{hum})}{1 + (\text{Contenido de humedad } (W)/100)}$$

### 3.3.1.4.2. DIAGRAMAS Y TABLAS

Tabla 40 Proctor Modificado del Suelo Natural "SC" del 1° tramo (C-01)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>							
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.67	Tipo de Molde:	4"	
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de Molde	2086 g	Método : A
<b>MUESTRA</b>		<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>PESO SUELO HUMEDO+MOLDE</b>	Grs.	3952	4076	4168	4146		
<b>PESO DEL MOLDE</b>	Grs.	2086	2086	2086	2086		
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	Grs.	1866	1990	2082	2060		
<b>DENSIDAD DE SUELO HUMEDO</b>	Grs/c.c.	<b>1.98</b>	<b>2.11</b>	<b>2.21</b>	<b>2.18</b>		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>RECIPIENTE</b>		<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA</b>	Grs.	88.4	90.8	83.2	92.5		
<b>PESO SUELO SECO+CAPSULA</b>	Grs.	86.1	87.1	79.0	86.5		
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	Grs.	27.3	26.6	26.9	27.4		
<b>PESO DEL AGUA</b>	Grs.	2.3	3.7	4.2	6.0		
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	Grs.	58.8	60.5	52.1	59.1		
<b>HUMEDAD</b>	%	<b>3.9</b>	<b>6.1</b>	<b>8.0</b>	<b>10.1</b>		
<b>DENSIDAD DE SUELO SECO</b>	Grs/c.c.	<b>1.90</b>	<b>1.99</b>	<b>2.04</b>	<b>1.98</b>		

Fuente: Elaboración Propia

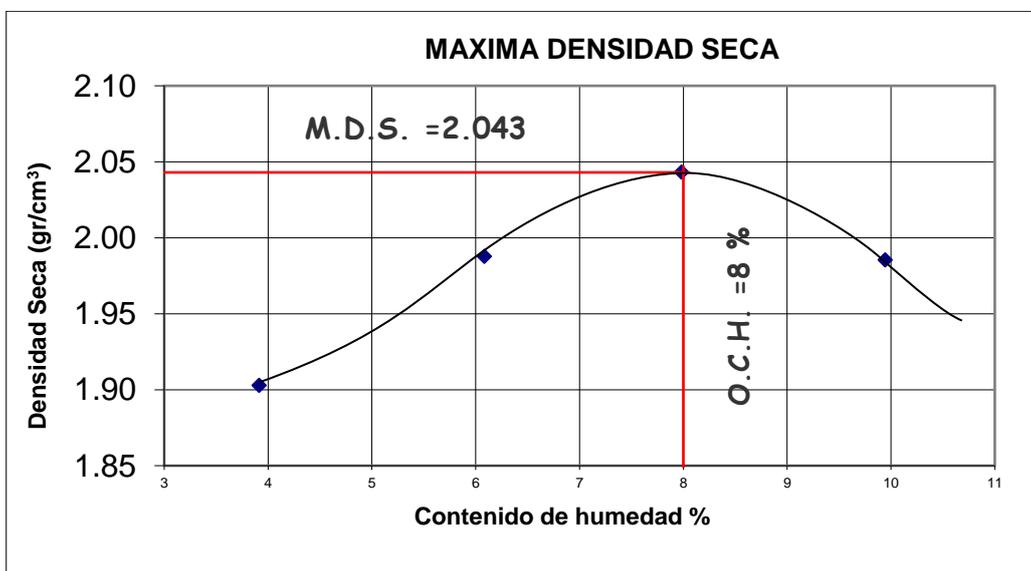


Figura 14 Curva de Compactación del Suelo Natural "SC" del 1° tramo

Tabla 41 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" del 2° tramo (C-02)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>							
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.69	Tipo de Molde:	4"	
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de Molde	2086 g	Método : A
<b>MUESTRA</b>		<b>Nº</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO+MOLDE</b>		Grs.		3684	3823	3966	3865
<b>PESO DEL MOLDE</b>		Grs.		2086	2086	2086	2086
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>		Grs.		1598	1737	1880	1779
<b>DENSIDAD DE SUELO HUMEDO</b>		Grs/c.c.		<b>1.69</b>	<b>1.84</b>	<b>1.99</b>	<b>1.89</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>RECIPIENTE</b>		Nº		15	6	18	2
<b>PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA</b>		Grs.		185.0	170.2	158.9	186.1
<b>PESO SUELO SECO+CAPSULA</b>		Grs.		180.6	163.0	150.0	172.3
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>		Grs.		49.5	48.6	48.5	48.9
<b>PESO DEL AGUA</b>		Grs.		4.4	7.2	8.9	13.8
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>		Grs.		131.1	114.4	101.5	123.4
<b>HUMEDAD</b>		%		<b>3.4</b>	<b>6.3</b>	<b>8.8</b>	<b>11.2</b>
<b>DENSIDAD DE SUELO SECO</b>		Grs/c.c.		<b>1.64</b>	<b>1.73</b>	<b>1.83</b>	<b>1.70</b>

Fuente: Elaboración Propia

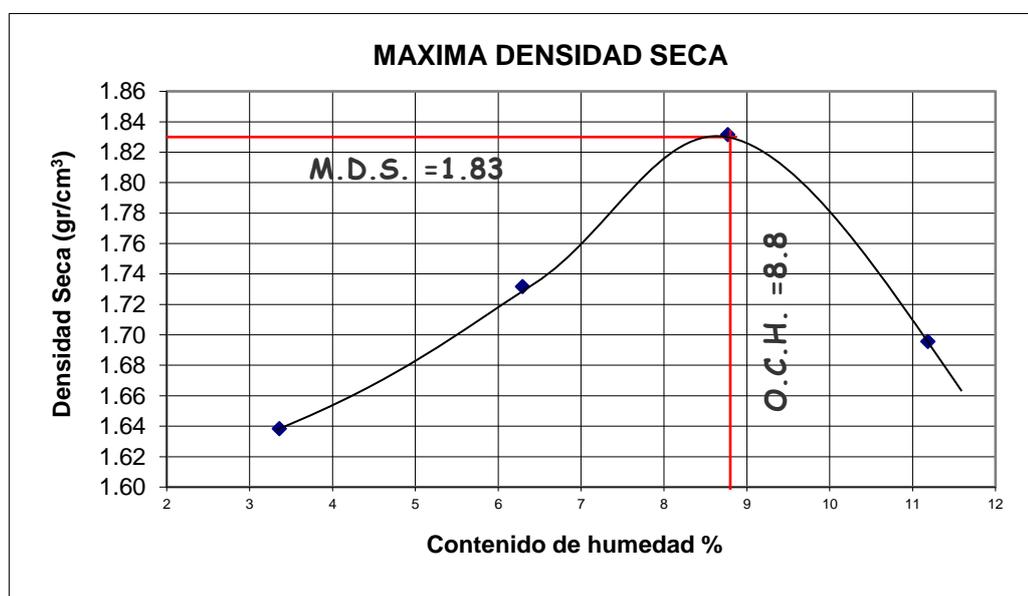


Figura 15 Curva de Compactación del Suelo Natural "CL" del 2° tramo

Tabla 42 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" del 3° tramo (C-03)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>							
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.69	Tipo de Molde:	4"	
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de Molde	2086 g	Método : A
<b>MUESTRA</b>		<b>Nº</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO+MOLDE</b>		Grs.		3622	3790	3925	3821
<b>PESO DEL MOLDE</b>		Grs.		2086	2086	2086	2086
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>		Grs.		1536	1704	1839	1735
<b>DENSIDAD DE SUELO HUMEDO</b>		Grs/c.c.		<b>1.63</b>	<b>1.81</b>	<b>1.95</b>	<b>1.84</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>RECIPIENTE</b>		<b>Nº</b>		15	6	18	2
<b>PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA</b>		Grs.		144.2	139.2	168.1	151.9
<b>PESO SUELO SECO+CAPSULA</b>		Grs.		140.9	133.4	158.6	142.1
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>		Grs.		49.5	48.6	48.5	48.9
<b>PESO DEL AGUA</b>		Grs.		3.3	5.8	9.5	9.8
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>		Grs.		91.4	84.8	110.1	93.2
<b>HUMEDAD</b>		%		<b>3.6</b>	<b>6.8</b>	<b>8.6</b>	<b>10.5</b>
<b>DENSIDAD DE SUELO SECO</b>		Grs/c.c.		<b>1.57</b>	<b>1.69</b>	<b>1.80</b>	<b>1.66</b>

Fuente: Elaboración Propia

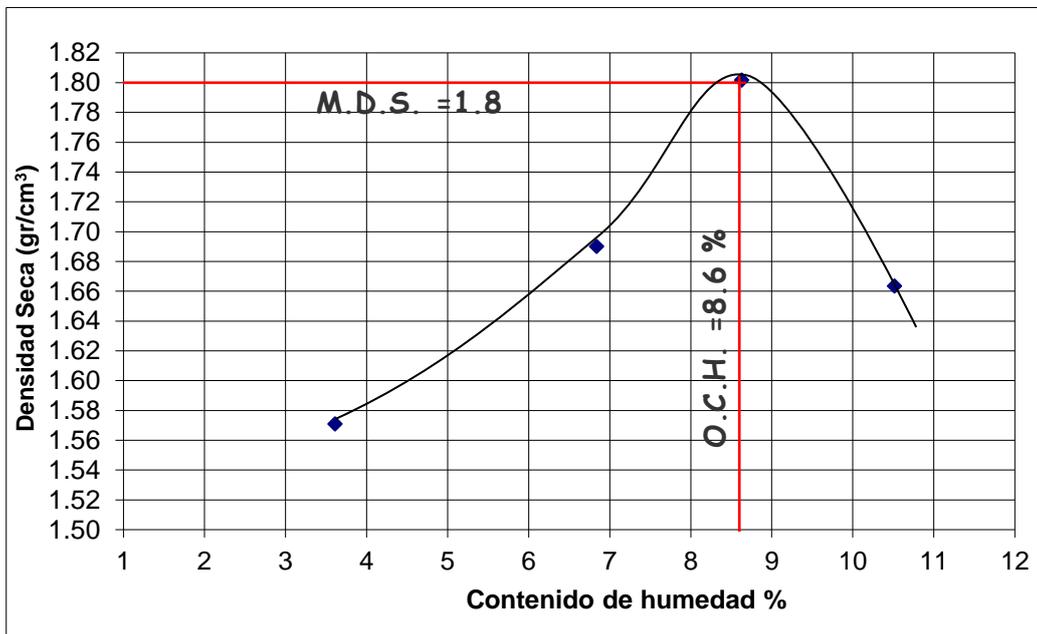


Figura 16 Curva de Compactación del Suelo Natural "CL" del 3° tramo

Tabla 43 Proctor Modificado del Suelo Natural "SC" + 2% de Cal del (1° tramo C-01)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>						
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.69	Tipo de molde	4"
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de molde	2088.7 Método : A
<b>MUESTRA</b>	<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO+MOLDE</b>	Grs.	3919.8	3993.8	4134.4	4143	4061
<b>PESO DEL MOLDE</b>	Grs.	2088.7	2088.7	2088.7	2088.7	2088.7
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	Grs.	1831.1	1905.1	2045.7	2054.3	1972.3
<b>DENSIDAD DE SUELO HUMEDO</b>	Grs/c.c.	<b>1.94</b>	<b>2.02</b>	<b>2.17</b>	<b>2.18</b>	<b>2.09</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
<b>RECIPIENTE</b>	<b>Nº</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	<b>14</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA</b>	Grs.	195.0	178.4	170.4	183.2	171.3
<b>PESO SUELO SECO+CAPSULA</b>	Grs.	190.4	171.6	159.2	168.9	155.2
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	Grs.	27.4	28.3	29.0	28.0	25.8
<b>PESO DEL AGUA</b>	Grs.	4.6	6.8	11.2	14.3	16.1
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	Grs.	163.0	143.3	130.2	140.9	129.4
<b>HUMEDAD</b>	%	<b>2.8</b>	<b>4.7</b>	<b>8.6</b>	<b>10.1</b>	<b>12.4</b>
<b>DENSIDAD DE SUELO SECO</b>	Grs/c.c.	<b>1.89</b>	<b>1.93</b>	<b>2.00</b>	<b>1.98</b>	<b>1.86</b>

Fuente: Elaboración Propia

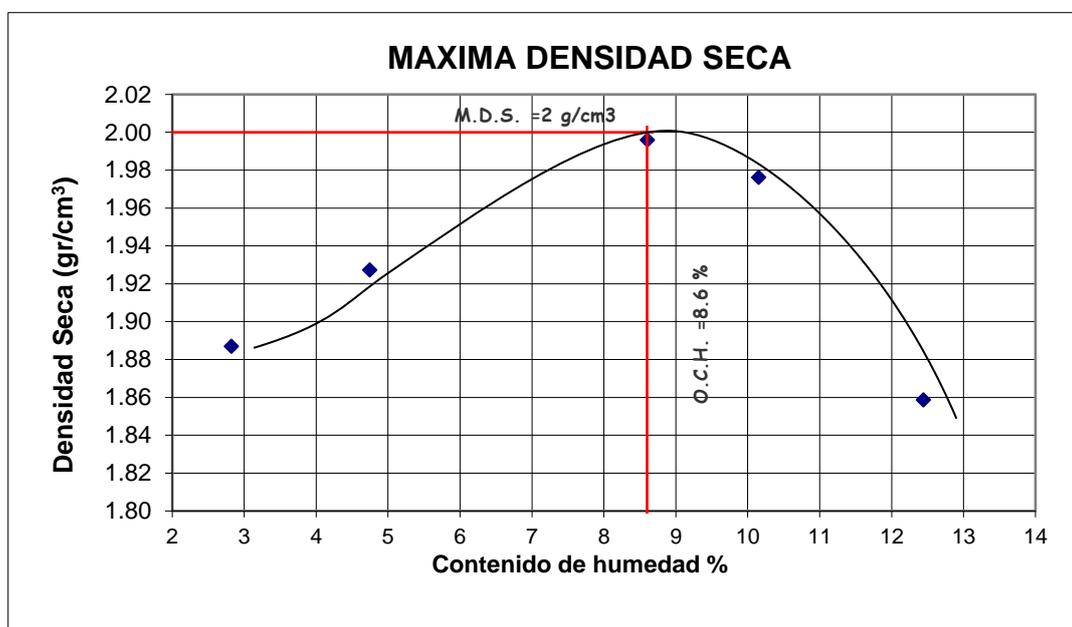


Figura 17 Curva de Compactación del suelo natural "SC" + 2% de Cal (1° tramo C-01)

Tabla 44 Proctor Modificado del Suelo Natural "SC" + 8% de Cal del (1° tramo C-01)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>							
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.69	Tipo de molde	4"	
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de molde	2088.6	Método : A
<b>MUESTRA</b>	<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	3911	3998.4	4058.4	4112.3	4053.5	
PESO DEL MOLDE	Grs.	2088.6	2088.6	2088.6	2088.6	2088.6	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1822.4	1909.8	1969.8	2023.7	1964.9	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	<b>1.93</b>	<b>2.02</b>	<b>2.09</b>	<b>2.14</b>	<b>2.08</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
RECIPIENTE	Nº	4	8	20	14	14	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	164.9	196.8	162.5	156.3	150.5	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	158.9	186.0	151.9	143.9	136.2	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	26.3	27.2	29.0	28.0	25.8	
PESO DEL AGUA	Grs.	6.0	10.8	10.6	12.3	14.3	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	132.6	158.8	122.9	115.9	110.4	
HUMEDAD	%	<b>4.5</b>	<b>6.8</b>	<b>8.62</b>	<b>10.6</b>	<b>13.0</b>	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	<b>1.85</b>	<b>1.89</b>	<b>1.92</b>	<b>1.94</b>	<b>1.84</b>	

Fuente: Elaboración Propia

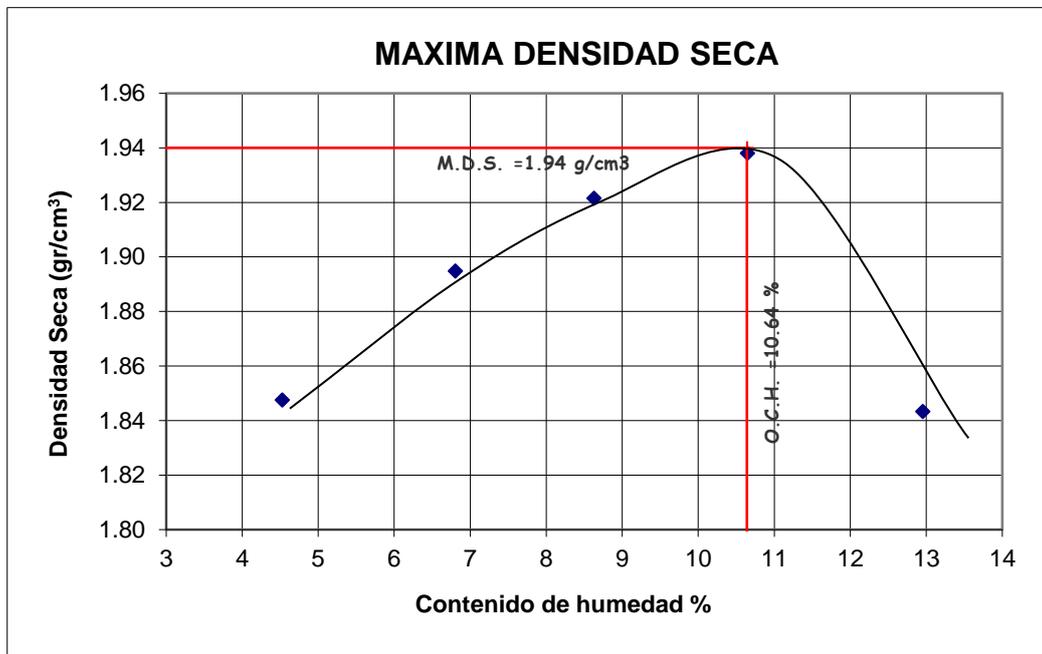


Figura 18 Curva de Compactación del suelo natural "SC"+ 8% de Cal (1° tramo C-01)

Tabla 45 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" + 2% de Cal del (3° tramo C-03)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>							
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.69	Tipo de Molde:	4"	
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de Molde	2086 g	Método : A
<b>MUESTRA</b>		<b>Nº</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	
<b>PESO SUELO HUMEDO+MOLDE</b>	Grs.		3715	3825	3938	3910	
<b>PESO DEL MOLDE</b>	Grs.		2086	2086	2086	2086	
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	Grs.		1629	1739	1852	1824	
<b>DENSIDAD DE SUELO HUMEDO</b>	Grs/c.c.		<b>1.73</b>	<b>1.84</b>	<b>1.96</b>	<b>1.93</b>	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>RECIPIENTE</b>		<b>Nº</b>	<b>4</b>	<b>8</b>	<b>20</b>	<b>21</b>	
<b>PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA</b>	Grs.		98.10	104.3	99.1	100.7	
<b>PESO SUELO SECO+CAPSULA</b>	Grs.		96.10	100.8	94.3	94.6	
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>	Grs.		27.29	26.63	29.0	27.38	
<b>PESO DEL AGUA</b>	Grs.		2.00	3.50	4.8	6.10	
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>	Grs.		68.81	74.2	65.3	67.2	
<b>HUMEDAD</b>	%		<b>2.9</b>	<b>4.7</b>	<b>7.4</b>	<b>9.1</b>	
<b>DENSIDAD DE SUELO SECO</b>	Grs/c.c.		<b>1.68</b>	<b>1.76</b>	<b>1.83</b>	<b>1.77</b>	

Fuente: Elaboración Propia

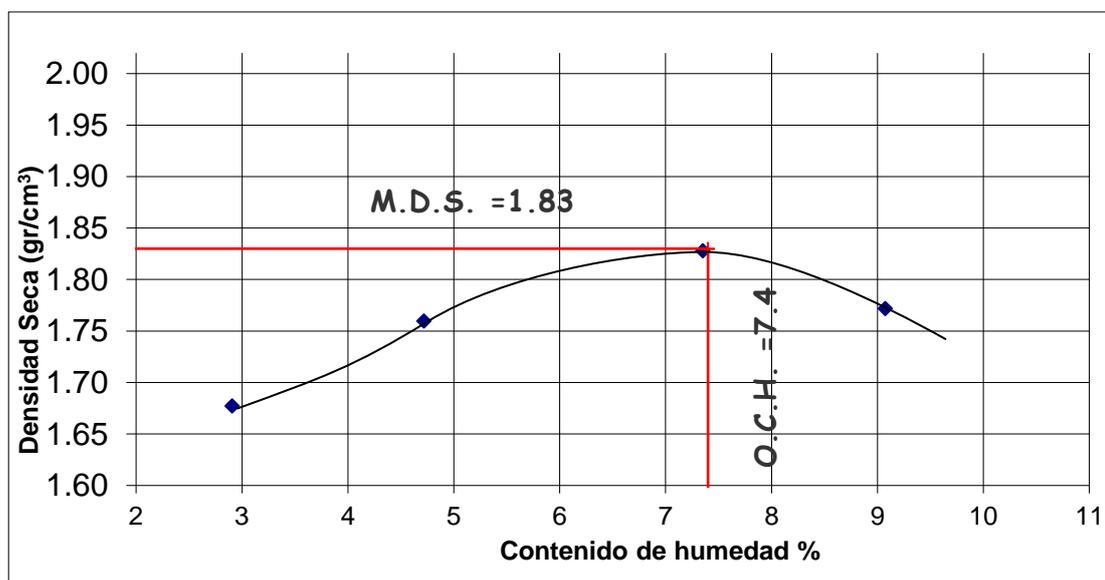


Figura 19 Curva de Compactación del suelo natural "CL"+ 2% de Cal (3°tramo C-03)

Tabla 46 Proctor Modificado del Suelo Natural "CL" + 4% de Cal del (3° tramo C-03)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)</b>							
MOLDE	Nº	1	Volumen de Molde	943.69	Tipo de Molde:	4"	
CAPAS	Nº	5	Nº Golpes	25	Peso de Molde	2086 g	Método : A
<b>MUESTRA</b>		<b>Nº</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO+MOLDE</b>		Grs.		3809.1	3895	3962	3948.7
<b>PESO DEL MOLDE</b>		Grs.		2086	2086	2086	2086
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>		Grs.		1723.1	1809	1876	1862.7
<b>DENSIDAD DE SUELO HUMEDO</b>		Grs/c.c.		<b>1.83</b>	<b>1.92</b>	<b>1.99</b>	<b>1.97</b>
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>RECIPIENTE</b>		<b>Nº</b>		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>21</b>
<b>PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA</b>		Grs.		172.4	158.0	164.8	172.0
<b>PESO SUELO SECO+CAPSULA</b>		Grs.		168.3	152.4	157.0	162.8
<b>PESO DE LA CAPSULA</b>		Grs.		48.2	49.6	48.6	48.9
<b>PESO DEL AGUA</b>		Grs.		4.1	5.8	7.8	9.2
<b>PESO DEL SUELO SECO</b>		Grs.		120.1	102.9	108.4	113.9
<b>HUMEDAD</b>		%		<b>3.4</b>	<b>5.4</b>	<b>7.2</b>	<b>8.1</b>
<b>DENSIDAD DE SUELO SECO</b>		Grs/c.c.		<b>1.77</b>	<b>1.82</b>	<b>1.85</b>	<b>1.83</b>

Fuente: Elaboración Propia

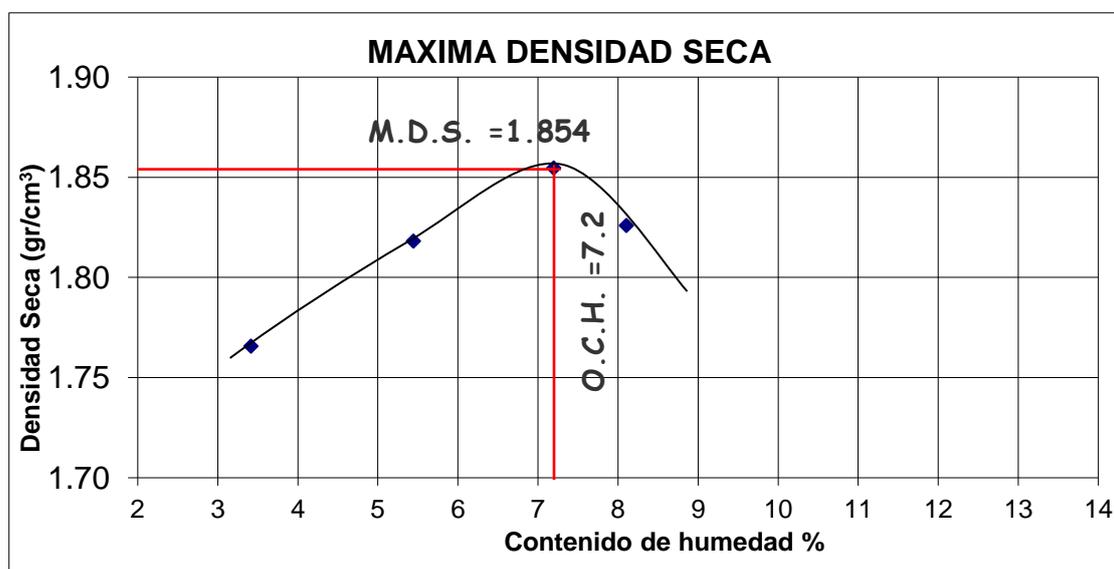


Figura 20 Curva de Compactación del suelo natural "CL"+ 4% de Cal (3°tramo C-03)

### 3.3.1.4.3. ANALISIS DE LA PRUEBA

Del ensayo de compactación Proctor modificado se obtuvieron los siguientes resultados con respecto a la Máxima densidad seca (MDS)

Tabla 47 Máxima Densidad Seca del Proctor Modificado

		Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )
Suelo de Estrato (Arena arcillosa)	Natural	2.04
	+ 2% de cal	2.00
	+ 8% de cal	1.94
Suelo de estrato (Arcilla Inorgánica)	Natural	1.80
	+ 2% de cal	1.83
	+ 4% de cal	1.85

Fuente: Elaboración Propia

En el cuadro se puede ver que el suelo arena arcillosa correspondiente al 1° tramo de la carretera en estudio presenta una MDS de 2.04 y al incrementar el estabilizador cal la densidad va disminuyendo, caso contrario se da con el suelo arcilla inorgánica correspondiente al 3° tramo que presenta una MDS natural de 1.80 y al agregarle la cal este va aumentando. Tal como se ve en la siguiente figura.

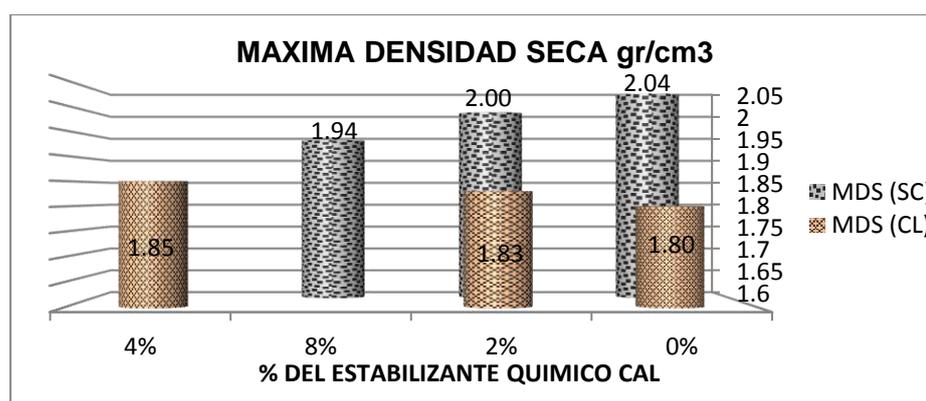


Figura 21 Variación de la M.D.S con respecto al Estabilizador Cal

### 3.3.1.5. RELACIÓN DE SOPORTE (CBR)

#### 3.3.1.5.1. PROCEDIMIENTO Y CALCULOS

El ensayo de CBR se desarrolló de acuerdo a la norma NTP 339.145, la ejecución de este ensayo se realizó a las 3 muestra patrón y a la mezcla suelo-cal para las muestras de la calicata 1 y 3, por lo especificado anteriormente

Debido a que en la carretera en estudio encontramos suelos que contienen arcilla y teniendo en cuenta que a ello les afecta la humedad de compactación y la densidad obtenida, el ensayo de penetración se realizó luego que este haya sido saturado por 4 días, este ensayo se desarrolló en 3 partes las cuales son mencionadas a continuación

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR** Para la ejecución de este ensayo se hizo uso del molde de 6" de diámetro con un pison de 10lb, la muestra previamente secada lo pasamos a mezclar con el óptimo contenido de humedad del Proctor para luego dividirla en 5 porciones iguales, la primera capa se agrega al molde y esta es compactada con el pison por medio de 56 golpes, así sucesivamente con las demás capas. Este proceso se repetirá para ensayos con 25 golpes y 10 golpes, con la misma cantidad de capas a compactar y el mismo óptimo contenido de humedad. Luego de ese proceso se pasó a medir la expansión por medio del **ENSAYO DE HINCHAMIENTO** para la ejecución de este ensayo se pasó a sumergir por 96 horas dichos moldes en un balde y controladas cada 24 horas tomando lectura en un extensómetro para ver el hinchamiento de cada muestra compactada las de 56 golpes, 25 golpes y 10 golpes.

Finalmente se retira los moldes del balde para realizar el **ENSAYO DE CARGA - PENETRACIÓN** en la máquina del CBR y así poder medir su resistencia, luego de obtener esos datos, los moldes son retirados para extraer una porción del medio de cada muestra para medir su contenido de humedad saturada. Posterior

a ellos es la obtención de resultados a base de los siguientes cálculos.

- Primero calculamos la densidad húmeda (%  $\rho_{hum}$ )

$$\% \rho_{hum} = \frac{\text{Peso de la muestra humedad}}{\text{volumen del molde}} \times 100$$

- Segundo calculamos el contenido de humedad (%W)

$$\% W = \frac{(\text{P. del suelo humedo} + \text{tara}) - (\text{P. del suelo seco} + \text{tara})}{(\text{P. del suelo seco} + \text{tara}) - (\text{Tara})} \times 100$$

- Tercero se hizo cálculo de la densidad seca ( $\rho_s$ )

$$\% \rho_s = \frac{\text{Densidad Humeda } (\rho_{hum})}{1 + (\text{Contenido de humedad } (W)/100)}$$

- Cuarto medimos la expansión de cada muestra compactada.

$$\% E = \frac{\text{Expansión}}{H \text{ (altura de la muestra)}} \times 100$$

- Finalmente se calculó el CBR

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patron}} \times 100$$

### 3.3.1.5.2. DIAGRAMAS Y TABLAS

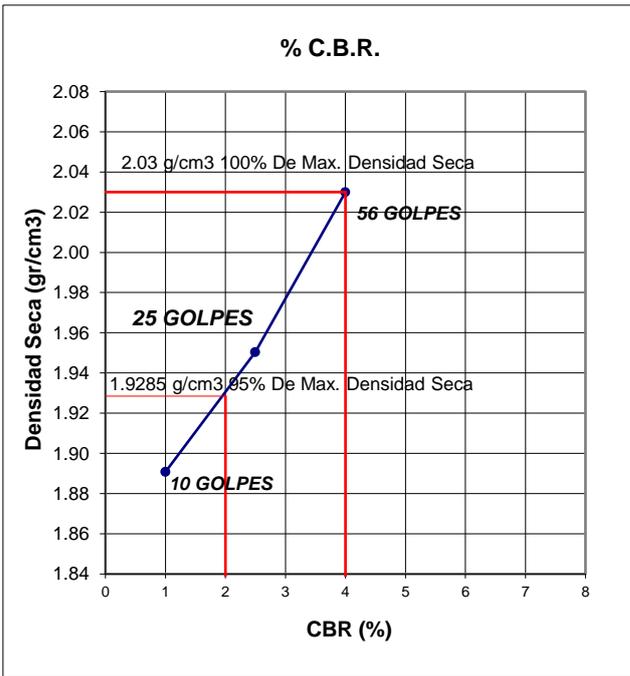
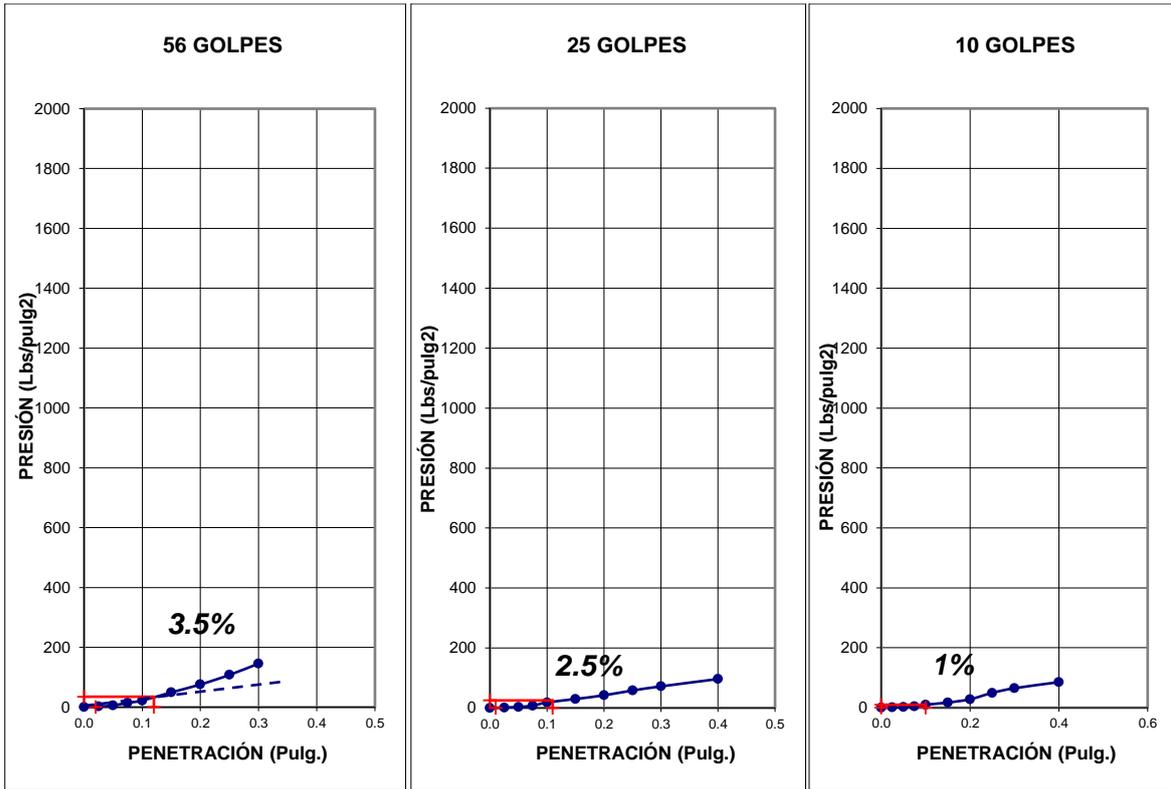
Tabla 48 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "SC" (1° tramo C-01)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>			
MOLDE N°	1	1	1
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
VOLUMEN DE MOLDE	2097	2097	2097
PESO DE MOLDE	4150	4150	4150
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8763.5	8588	8477.4
PESO DEL SUELO HUMEDO	4613.5	4438	4327.4
DENSIDAD HUMEDA	2.20	2.12	2.06
RECIPIENTE N°	18	7	2
PESO DE RECIPIENTE	48.6	48.5	48.8
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	206.3	198.5	216.3
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	194.4	166.7	202.3
PESO DE AGUA	11.9	11.8	14.0
PESO DE SUELO SECO	145.8	138.2	153.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.2	8.5	9.1
DENSIDAD SECA	<b>2.03</b>	<b>1.95</b>	<b>1.89</b>

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
20/10/2017	5:30 PM	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
24/10/2017	5:30 PM	96:00 HRS	34	0.86	0.74	45	1.14	0.98	60	1.52	1.31

<b>ENSAYO DE PENETRACION CBR</b>							
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
		CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		6.6	2	4	1	2.2	1
0.050		18.1	6	10.3	3	6.1	2
0.075		43.4	14	22.4	7	13.8	5
0.100	1000	56.9	22	54.7	18	30.5	10
0.150		148.7	50	88.9	30	51.9	17
0.200	1500	227.8	76	126.4	42	84.7	28
0.250		333.7	108	174.2	58	148.9	50
0.300		667.8	146	215.8	72	195.2	65

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**3.5%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**2%**

Figura 22 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "SC" (1° tramo C-01)

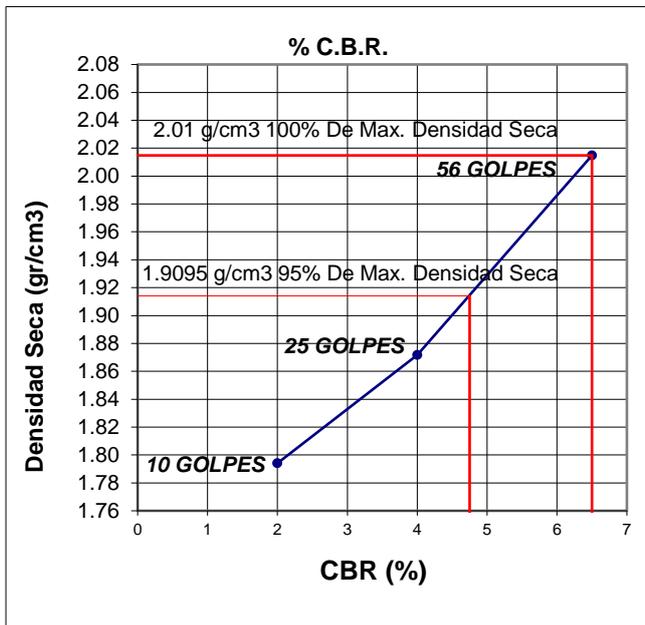
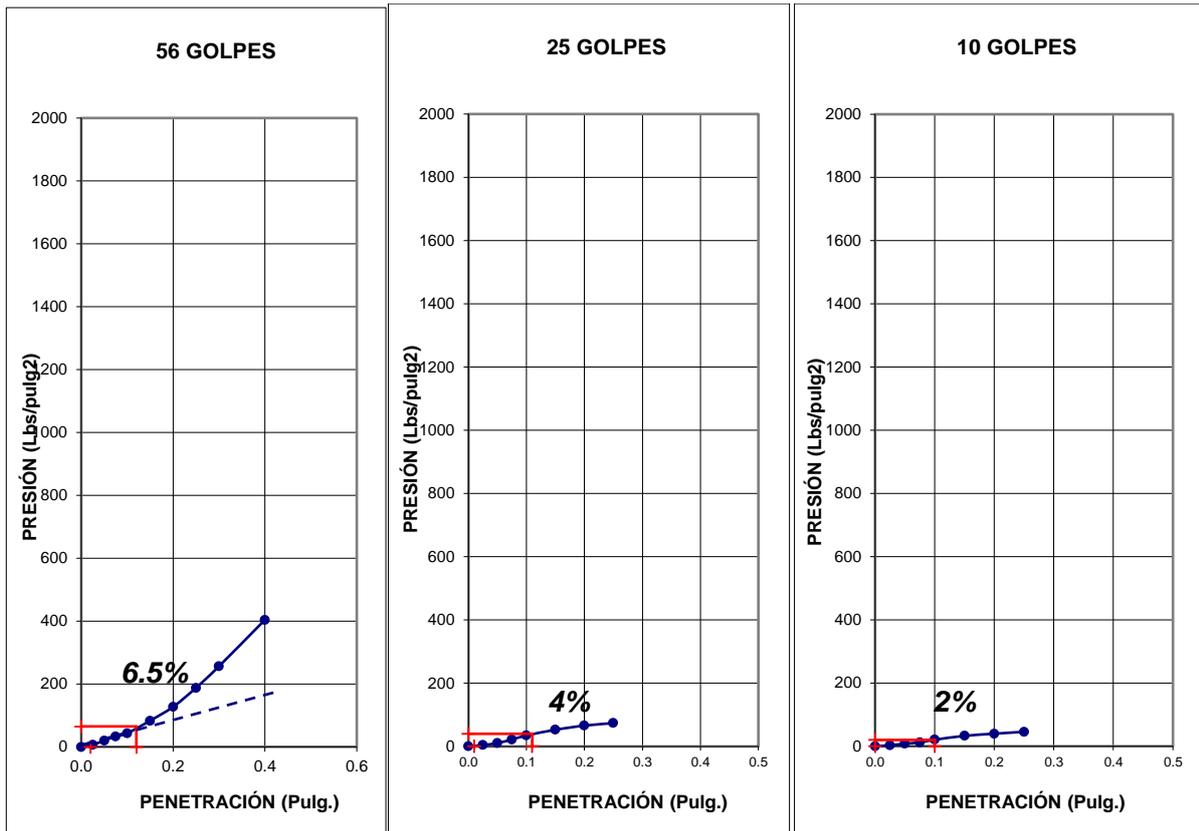
Tabla 49 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "SC" + 2% de Cal  
(1° tramo C-01)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>			
MOLDE N°	1	1	1
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
VOLUMEN DE MOLDE	2097	2097	2097
PESO DE MOLDE	4151.1	4151.1	4151.1
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8752	8413.2	8230.4
PESO DEL SUELO HUMEDO	4600.9	4262.1	4079.3
DENSIDAD HUMEDA	2.19	2.03	1.95
RECIPIENTE N°	18	3	2
PESO DE RECIPIENTE	27.4	25.4	28.3
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	155.9	178.5	163.4
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	145.4	166.4	152.9
PESO DE AGUA	10.5	12.1	10.5
PESO DE SUELO SECO	118.0	141.0	124.6
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.9	8.6	8.4
DENSIDAD SECA	<b>2.01</b>	<b>1.87</b>	<b>1.79</b>

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
04/11/2017	7:15 am	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
08/11/2017	7:15 am	96:00 HRS	12.40	0.31	0.27	20	0.51	0.44	35	0.89	0.76

<b>ENSAYO DE PENETRACION CBR</b>							
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
		CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		19.8	7	12.6	4	9.8	3
0.050		60.6	20	32.8	11	24.3	8
0.075		98.7	33	65.9	22	36.4	12
0.100	1000	129.4	43	104.5	35	61.9	21
0.150		249.7	83	158.4	53	98.6	33
0.200	1500	381.8	127	197.8	66	119.1	40
0.250		563.5	188	221.2	74	137.2	46
0.300		768.9	256	388.4	129	218.4	73

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**6.5%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**4.75%**

Figura 23 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "SC" + 2% de Cal (1° tramo C-01)

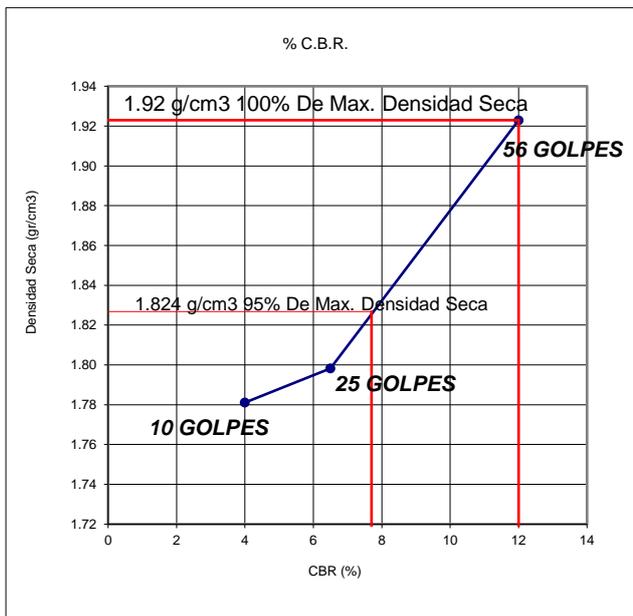
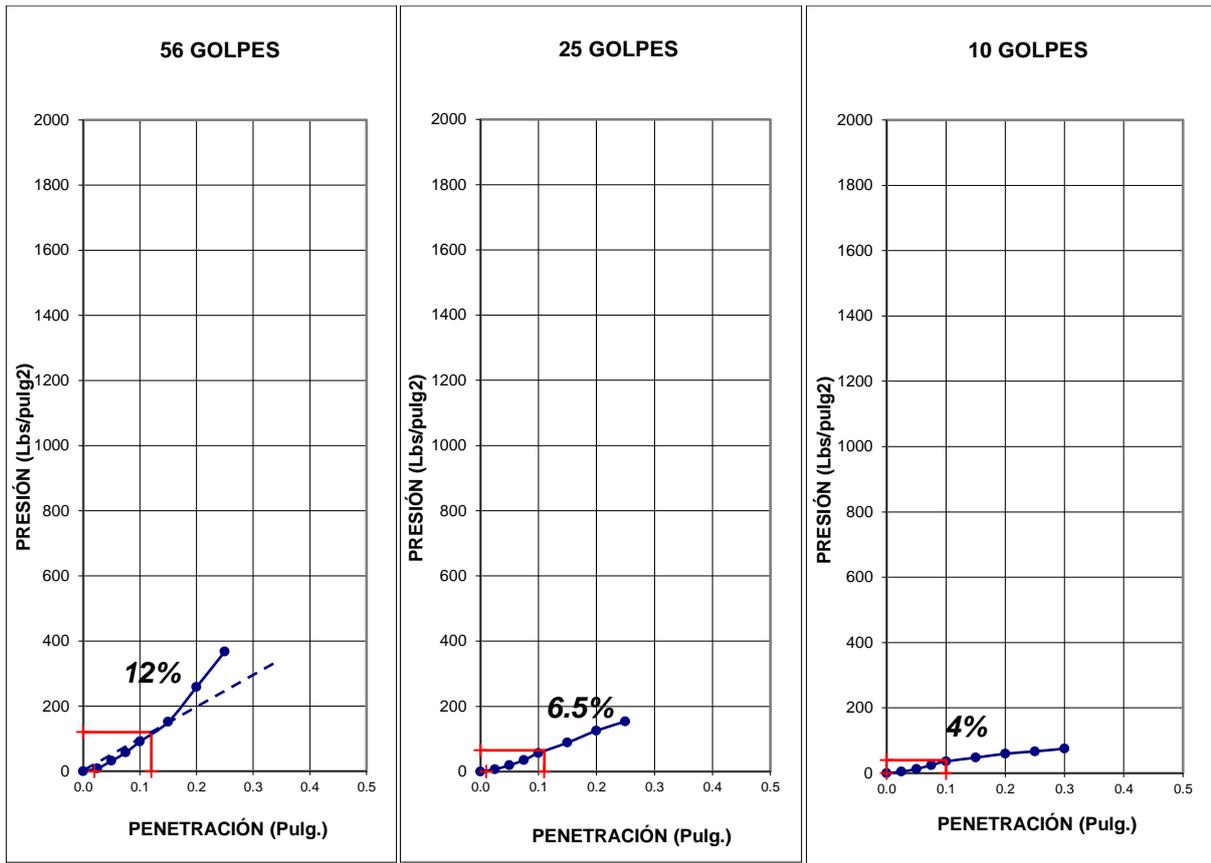
Tabla 50 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "SC" + 8% de Cal  
(1° tramo C-01)

ENSAYO DE COMAPCTACIÓN CBR			
MOLDE N°	1	1	1
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
VOLUMEN DE MOLDE	2097	2097	2097
PESO DE MOLDE	4151.1	4151.1	4151.1
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8617	8319.6	8203
PESO DEL SUELO HUMEDO	4466.8	4168.5	4151.9
DENSIDAD HUMEDA	2.13	1.99	1.98
RECIPIENTE N°	15	6	9
PESO DE RECIPIENTE	48.6	48.5	48.8
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	154	170.6	187.2
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	143.8	159.0	173.3
PESO DE AGUA	10.3	11.7	13.9
PESO DE SUELO SECO	95.2	110.5	124.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.8	10.5	11.2
DENSIDAD SECA	<b>1.92</b>	<b>1.80</b>	<b>1.78</b>

ENSAYO DE EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/11/2017	10:00 am	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
14/11/2017	10:00 am	96:00 HRS	2.0	0.05	0.04	6.0	0.15	0.13	8.00	0.20	0.17

ENSAYO DE PENETRACION CBR							
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg2)	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
		CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		26.8	9	20.3	7	14.6	5
0.050		95.4	32	59.1	20	38.2	13
0.075		172.4	57	105.4	35	74.5	25
0.100	1000	272.3	91	169.8	57	108.7	36
0.150		454.5	152	265.7	89	142.8	48
0.200	1500	776.4	259	375.9	125	178.9	60
0.250		1103.2	368	460.6	154	200.4	67
0.300		1380.8	460	792.4	264	225.6	75

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**12%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**7.7%**

Figura 24 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "SC" + 8% de Cal (1° tramo C-01)

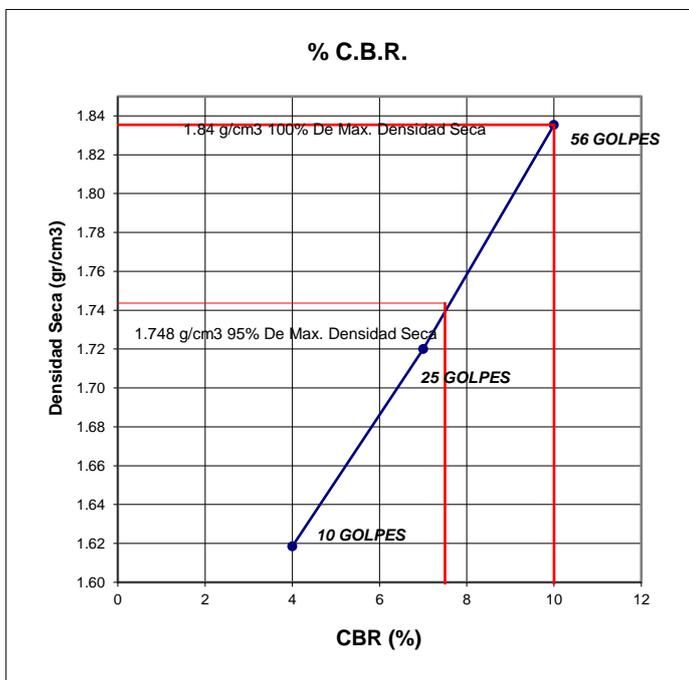
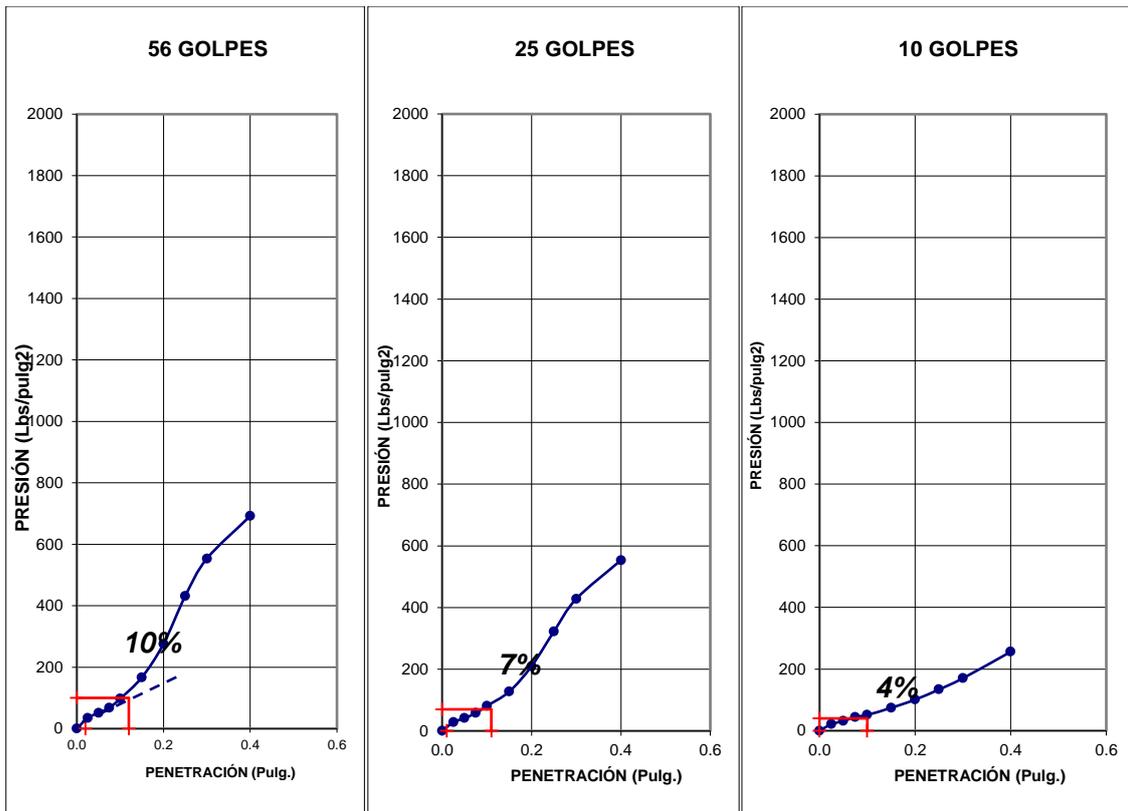
Tabla 51 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" (2° tramo C-02)

<b>ENSAYO DE COMAPCTACIÓN CBR</b>			
<i>MOLDE N°</i>	1	1	1
<i>N° DE CAPAS</i>	5	5	5
<i>N° DE GOLPES POR CAPA</i>	56	25	10
<i>MUESTRA</i>	<b>SATURADA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SATURADA</b>
VOLUMEN DE MOLDE	2097	2097	2097
PESO DE MOLDE	4150	4150	4150
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8289	8053	7825
PESO DEL SUELO HUMEDO	4139	3903	4675
DENSIDAD HUMEDA	1.97	1.86	1.75
RECIPIENTE N°	19	7	2
PESO DE RECIPIENTE	48.6	48.5	48.8
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	204.1	181.6	199.2
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	193.2	171.5	187.7
PESO DE AGUA	10.9	10.5	11.5
PESO DE SUELO SECO	144.6	123.0	138.9
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.5	8.2	8.3
DENSIDAD SECA	<b>1.84</b>	<b>1.72</b>	<b>1.62</b>

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
<i>FECHA</i>	<i>HORA</i>	<i>TIEMPO</i>	<b>56 GOLPES</b>			<b>25 GOLPES</b>			<b>10 GOLPES</b>		
			<i>DIAL</i>	<i>EXPANSIÓN</i>		<i>DIAL</i>	<i>EXPANSIÓN</i>		<i>DIAL</i>	<i>EXPANSIÓN</i>	
				<i>mm</i>	<i>%</i>		<i>mm</i>	<i>%</i>		<i>mm</i>	<i>%</i>
10/11/2017	09:00 am	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
14/11/2017	09:00 am	96:00 HRS	37.0	0.94	0.81	50.0	1.27	1.09	70.0	1.78	1.53

<b>ENSAYO DE PENETRACION CBR</b>							
<i>PENETRACIÓN (pulg.)</i>	<i>PATRÓN (Lb/pulg<sup>2</sup>)</i>	<b>56 GOLPES</b>		<b>25 GOLPES</b>		<b>10 GOLPES</b>	
		<i>CARGA</i>	<i>CARGA UNITARIA</i>	<i>CARGA</i>	<i>CARGA UNITARIA</i>	<i>CARGA</i>	<i>CARGA UNITARIA</i>
0.025		104.2	35	84.4	28	64.5	22
0.050		153.7	51	124	41	94.3	31
0.075		203.3	68	173.6	58	133.9	45
0.100	1000	292.5	98	242.9	81	153.7	51
0.150		500.7	167	381.7	127	223.1	74
0.200	1500	827.7	276	629.5	210	302.4	101
0.250		1293.6	431	966.5	322	401.5	134
0.300		1660.3	553	1283.7	428	510.6	170

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**10%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**7.5%**

Figura 25 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" (2° tramo C-02)

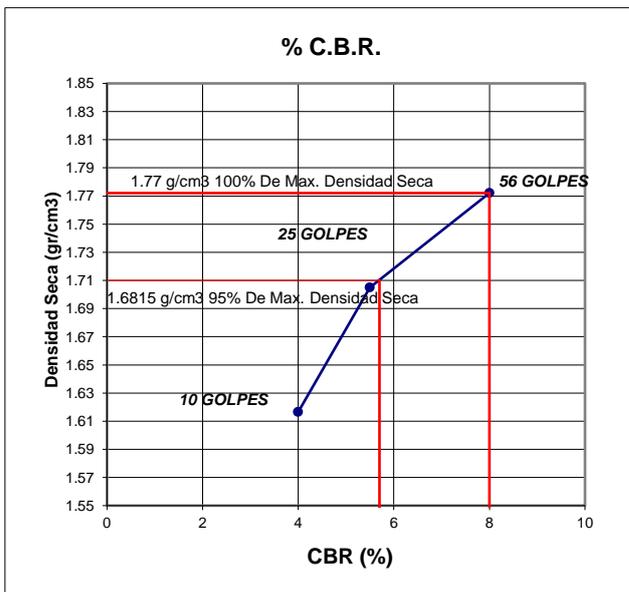
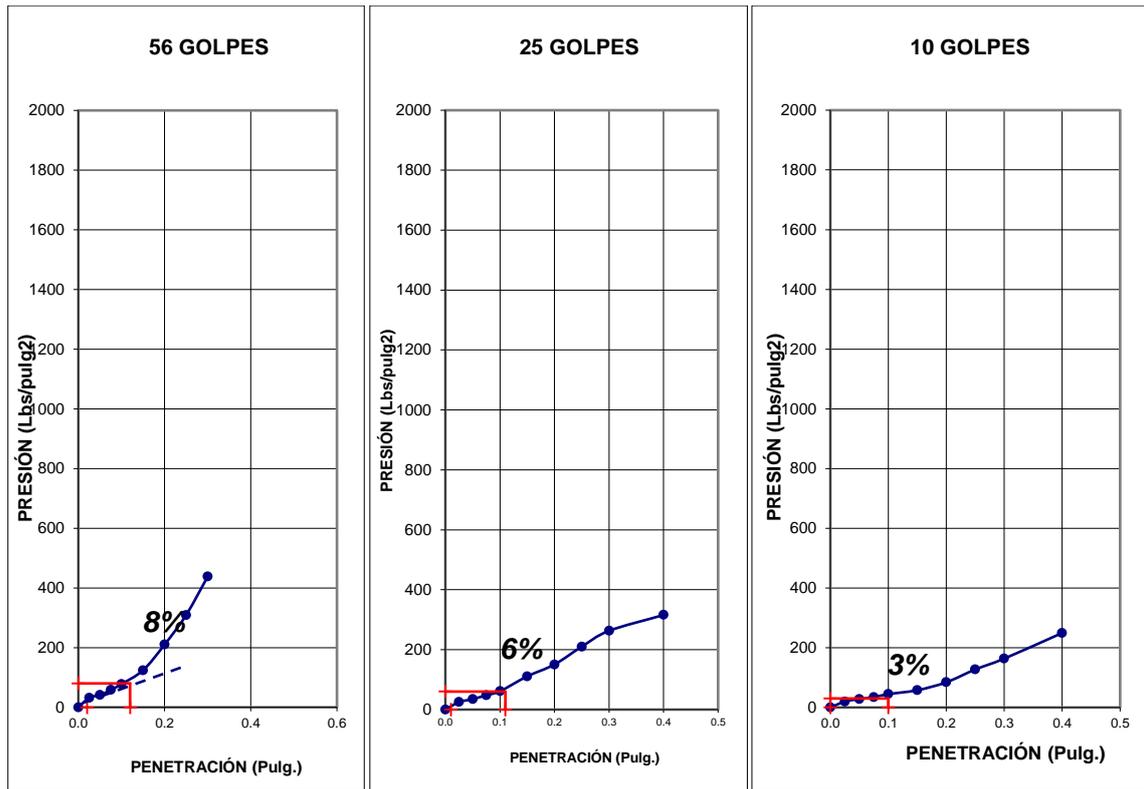
Tabla 52 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" (3° tramo C-03)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1	1	1
<b>N° DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>N° DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	10
<b>MUESTRA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SATURADA</b>
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2097	2097	2097
<b>PESO DE MOLDE</b>	4150	4150	4150
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>	8173	7996	7783
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	4023	3846	3633
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	1.92	1.83	1.73
<b>RECIPIENTE N°</b>	15	6	9
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>	48.6	48.5	48.8
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>	242.6	192.0	195.2
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>	227.8	181.9	185.4
<b>PESO DE AGUA</b>	14.8	10.1	9.8
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	179.2	133.4	136.6
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	8.3	7.6	7.2
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.77</b>	<b>1.70</b>	<b>1.62</b>

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/10/2017	6:00 pm	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
31/10/2017	6:00 pm	96:00 HRS	60.90	1.55	1.33	72	1.83	1.57	90	2.29	1.96

<b>ENSAYO DE PENETRACION CBR</b>							
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
		CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		94	31	73	25	60	20
0.050		124	41	104	35	82	28
0.075		173	58	144	48	103	35
0.100	1000	233	78	183	61	134	45
0.150		372	124	332	111	174	58
0.200	1500	630	210	451	150	253	84
0.250		927	309	630	210	382	127
0.300		1313	438	788	263	491	164

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**8%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**5.7%**

Figura 26 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" (3° tramo C-03)

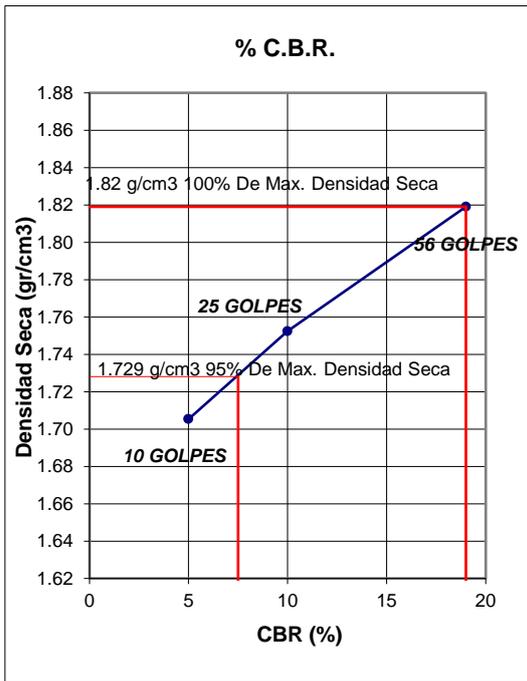
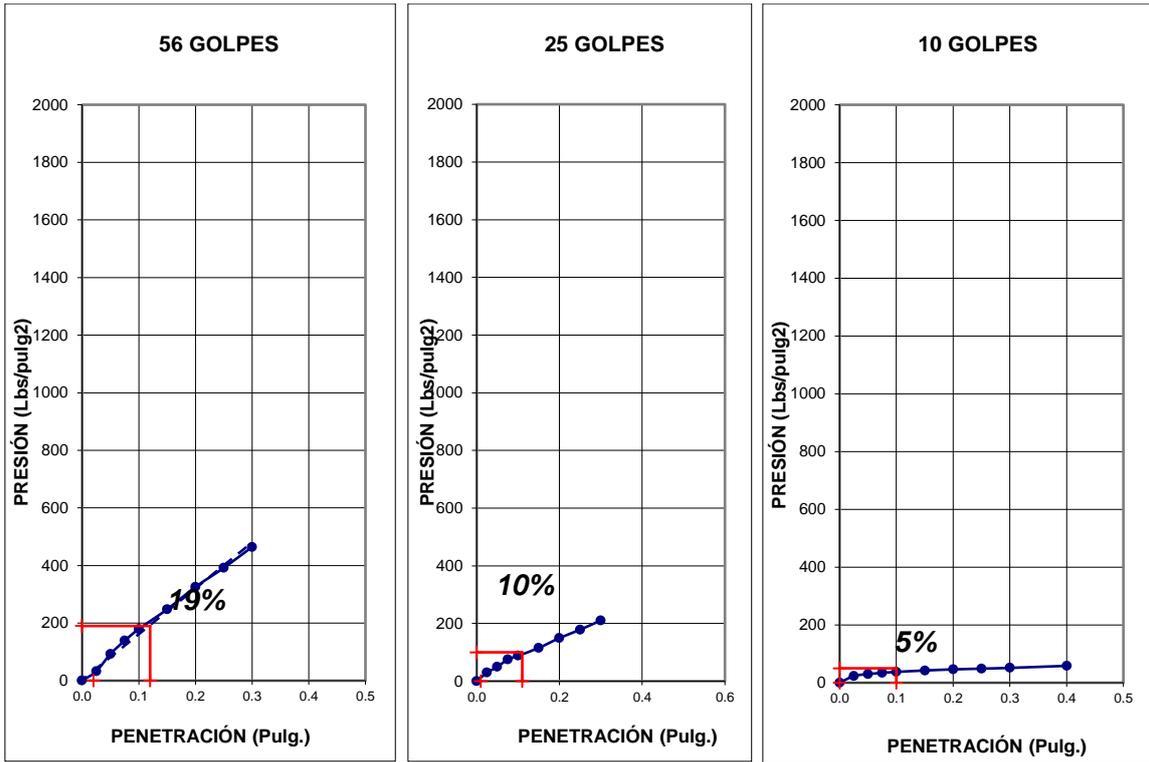
Tabla 53 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" + 2% de Cal  
(3° tramo C-03)

ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR			
MOLDE N°	1	1	1
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SATURADA	SATURADA	SATURADA
VOLUMEN DE MOLDE	2097	2097	2097
PESO DE MOLDE	4150	4150	4150
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8261	8098	7994
PESO DEL SUELO HUMEDO	4111	3948	3844
DENSIDAD HUMEDA	1.96	1.88	1.83
RECIPIENTE N°	13	14	8
PESO DE RECIPIENTE	28.6	28.5	28.8
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	171.4	198.5	215.3
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	161.1	186.7	202.3
PESO DE AGUA	10.3	11.8	13.0
PESO DE SUELO SECO	132.5	158.2	173.5
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.8	7.4	7.5
DENSIDAD SECA	<b>1.82</b>	<b>1.75</b>	<b>1.71</b>

ENSAYO DE EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/11/2017	4:30 pm	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
20/11/2017	4:30 pm	96:00 HRS	9	0.23	0.20	13	0.33	0.28	18.4	0.47	0.40

ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR							
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES	
		CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		98.5	33	88.30	29	69.6	23
0.050		278.3	93	149.77	50	89.8	30
0.075		416.2	139	226.0	75	102.3	34
0.100	1000	537.7	179	264.0	88	112.6	38
0.150		743.5	248	346.0	115	127.4	42
0.200	1500	976.4	325	448.40	149	138.7	46
0.250		1175.3	392	535.70	179	146.5	49
0.300		1393.2	464	632.30	211	154.3	51

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**19%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**7.5%**

Figura 27 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" + 2% de Cal (3° tramo C-03)

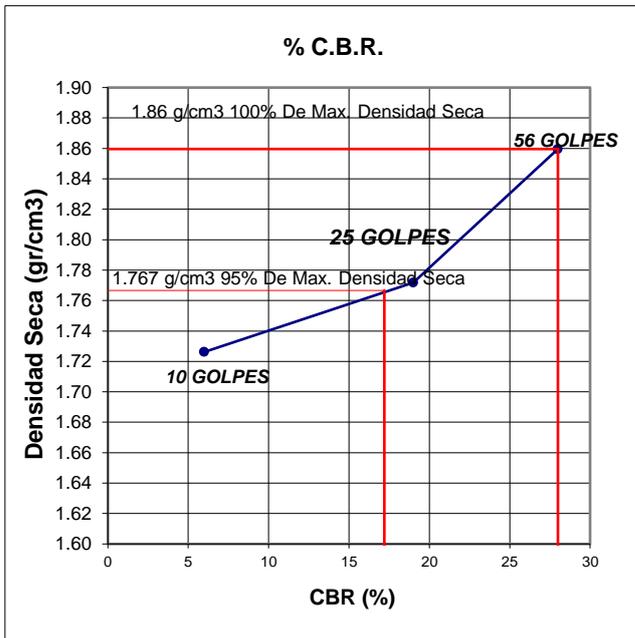
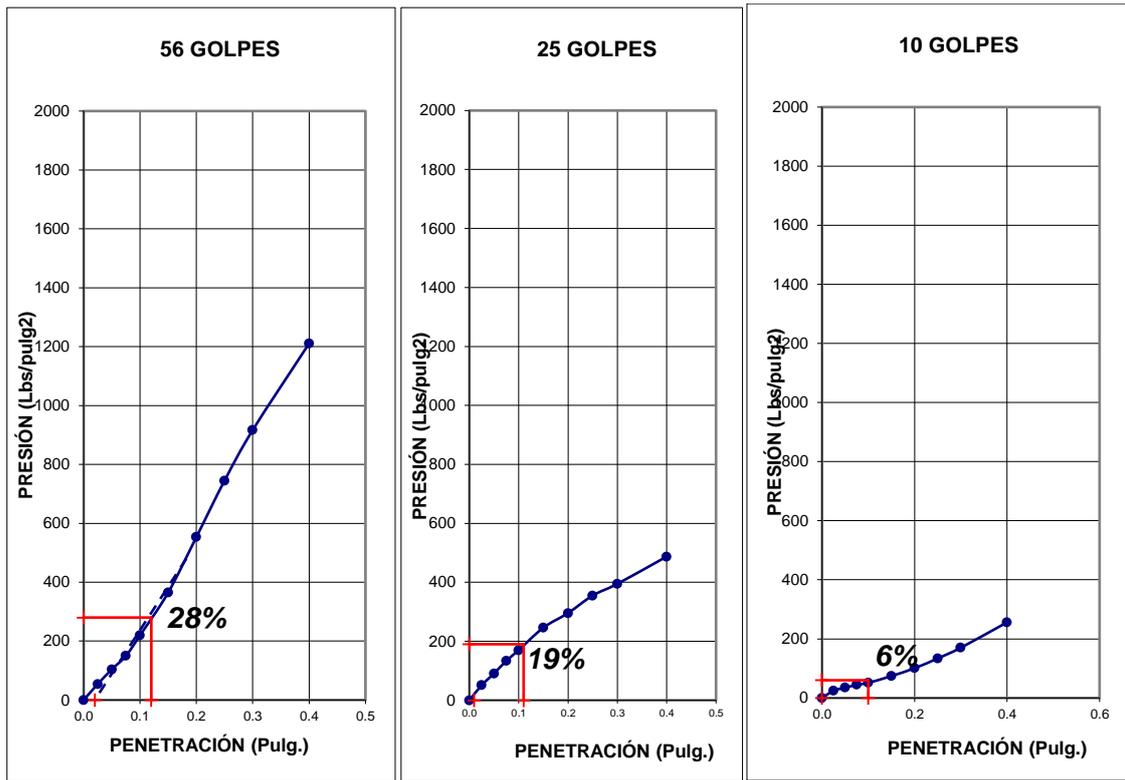
Tabla 54 Ensayo de Relación de Soporte (CBR) al Suelo "CL" + 4% de Cal  
(3° tramo C-03)

<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN CBR</b>			
<b>MOLDE N°</b>	1	1	1
<b>N° DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>N° DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	10
<b>MUESTRA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SATURADA</b>
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2097	2097	2097
<b>PESO DE MOLDE</b>	4150	4150	4150
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>	8334	8098	7994
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	4184	3948	3844
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	2.00	1.88	1.83
<b>RECIPIENTE N°</b>	18	7	2
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>	48.6	48.5	28.8
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>	242.8	200.9	193.0
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>	229.6	190.9	183.3
<b>PESO DE AGUA</b>	13.2	10.0	9.7
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	181.0	142.4	134.5
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	7.3	7.0	7.2
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.86</b>	<b>1.77</b>	<b>1.73</b>

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>											
<i>FECHA</i>	<i>HORA</i>	<i>TIEMPO</i>	<i>56 GOLPES</i>			<i>25 GOLPES</i>			<i>10 GOLPES</i>		
			<i>DIAL</i>	<i>EXPANSIÓN</i>		<i>DIAL</i>	<i>EXPANSIÓN</i>		<i>DIAL</i>	<i>EXPANSIÓN</i>	
				<i>mm</i>	<i>%</i>		<i>mm</i>	<i>%</i>		<i>mm</i>	<i>%</i>
<b>24/11/2017</b>	8:00 am	0:00 HRS	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0.0	0	0
<b>28/11/2017</b>	8:00 am	96:00 HRS	1.0	0.03	0.02	6.50	0.17	0.14	10.00	0.25	0.22

<b>ENSAYO DE PENETRACIÓN CBR</b>							
<i>PENETRACIÓN (pulg.)</i>	<i>PATRÓN (Lb/pulg2)</i>	<i>56 GOLPES</i>		<i>25 GOLPES</i>		<i>10 GOLPES</i>	
		<i>CARGA</i>	<i>CARGA UNITARIA</i>	<i>CARGA</i>	<i>CARGA UNITARIA</i>	<i>CARGA</i>	<i>CARGA UNITARIA</i>
<b>0.025</b>		164	55	154	51	76	25
<b>0.050</b>		312	104	273	91	104	35
<b>0.075</b>		451	150	402	134	134	45
<b>0.100</b>	1000	659	220	511	170	154	51
<b>0.150</b>		1095	365	739	246	223	74
<b>0.200</b>	1500	1660	553	887	296	302	101
<b>0.250</b>		2235	745	1066	355	402	134
<b>0.300</b>		2751	917	1185	395	511	170

Fuente: Elaboración Propia



C.B.R. A 100%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**28%**

C.B.R. A 95%  
DE MAXIMA DENSIDAD SECA

**17.2%**

Figura 28 Penetración CBR al 100% de la M.D.S y al 95% de la M.D.S del suelo "CL" + 4% de Cal (3° tramo C-03)

### 3.3.1.5.3. ANALISIS DE LA PRUEBA.

Del ensayo de relación de soporte (CBR) se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 55 CBR al 100% y 95% de la M.D.S

		CBR al 100% de la M.D.S	CBR al 95% de la M.D.S
Suelo de Estrato (Arena arcillosa)	Natural	3.50%	2.00%
	+ 2% de cal	6.5%	4.75%
	+ 8% de cal	12%	7.70%
Suelo de estrato (Arcilla Inorgánica)	Natural	8%	5.70%
	+ 2% de cal	19%	7.50%
	+ 4% de cal	28%	17.20%

**Fuente: Elaboración Propia**

El suelo de estrato arena arcillosa posee un CBR de 3.5% este va aumenta hasta un 12% con el máximo porcentaje del estabilizador cal establecido por el MTC, mientras que el suelo de estrato arcilla inorgánica tienen mejor reacción con este estabilizador ya que con un 4% de la adición de este estabilizante, llega a una resistencia del 28%. Tal como se ve en la siguiente figura.

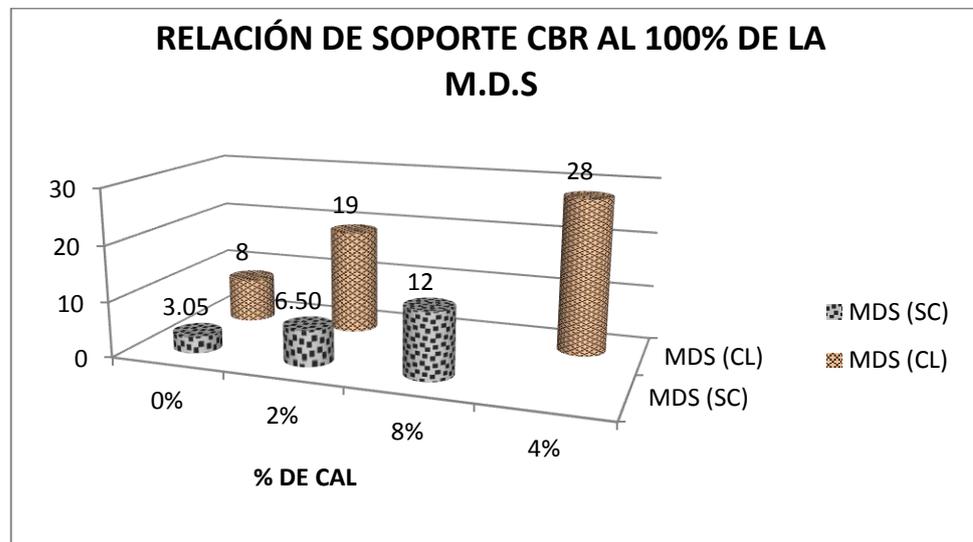


Figura 29 Variación del CBR natural con Respecto al % de Adición de la Cal

A continuación se aprecia la mejora de la condición del suelo de SUB – RASANTE natural en base a su relación de soporte CBR, después de añadir el estabilizante químico cal. Todo ello con respecto a los parámetros establecidos por la normativa del MTC.

Tabla 56 Estado del CBR de Suelo de Estrato Arena Arcillosa y Arcilla Inorgánica descripción

% DE ADICIÓN DE LA CAL	SUELO ARENA ARCILLOSA (SC)		% DE ADICIÓN DE LA CAL	SUELO ARCILLA INORGANICA (CL)	
	CBR (%)	CONDICIÓN DE SUB - RASANTE		CBR (%)	CONDICIÓN DE SUB - RASANTE
0	3.5	INSUFICIENTE	0	8.0	REGULAR
2	6.5	REGULAR	2	19.0	BUENA
8	12.0	BUENA	4	28.0	MUY BUENA

**Fuente: Elaboración Propia**

De la tabla, Según el Manual de carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC 2014)

- La Sub – Rasante de la CARRETERA PARIA WILCAHUAIN presenta un suelo de estrato Arena arcillosa con calidad insuficiente cuando está en estado natural, mientras que el suelo de estrato Arcilla inorgánica es de calidad regular cuando se encuentra en el mismo estado.
- La Sub – rasante de la CARRETERA PARIA – WILCAHUAIN presenta un suelo de estrato Arena Arcillosa con calidad regular cuando se le ha aplicado el 2% del estabilizante químico cal, mientras que el suelo de estrato Arcilla Inorgánica es de calidad Buena cuando también se le ha aplicado el 2% del estabilizante.
- La sub – rasante de la carretera PARIA – WILCAHUAIN presenta un suelo de estrato Arena Arcillosa con calidad Buena cuando se le ha aplicado el 8% de cal, pero este porcentaje de aditivo es alto lo cual no sería económico.

- La Sub – rasante de la carretera PARIA – WILCAHUAIN presenta un suelo de estrato Arcilla Inorgánica con calidad Muy Buena cuando se le ha aplicado el 4% de cal.

De lo mencionado anteriormente se puede decir que técnicamente la SUB – RASANTE mejoro proporcionalmente al ir adicionando el estabilizante químico cal a cada una de las muestras analizadas , cumpliendo así los requerimientos mínimos del MTC para que esta sea usada como capa de sub – rasante para la estructura de un pavimento.

### 3.4. RESUMEN FINAL DE ENSAYOS REALIZADOS A CADA MUESTRA

Tabla 57 Resumen de Resultados de Ensayos de la C-02 (M-01) Natural

<b>RESULTADOS DE ENSAYO A LA C-02</b>			
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO</b>			
Grava	14.30%		
Arena	34.30%		
Finos	51.40%		
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Limite Liquido	27.14%		
Limite Plástico	17.25%		
Índice de Plasticidad	9.89%		
<b>Clasificación de Suelos</b>			
Sistema SUCS	CL		
Sistema AASHTO	A-4(2)		
<b>ENSAYO DE COMPACTCIÓN</b>			
	Natural		
Máxima Densidad Seca (gr/cm3)	1.83		
Optimo Contenido de Humedad	8.80%		
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	Expansión	% CBR (95%)	% CBR (100%)
Natural	1.14%	7.50%	10.00%

**Fuente: Elaboración Propia**

Tabla 58 Resumen de Resultados de Ensayos de la C- 01 (M-01) Natural y Estabilizada

<b>RESULTADOS DE ENSAYO A LA C-01</b>			
<b>ANALISIS GRANULOMETRICO</b>			
Grava	28.40%		
Arena	39.60%		
Finos	32.00%		
<b>LIMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Limite Liquido	24.42%		
Limite Plástico	16.18%		
Índice de Plasticidad	8.24%		
<b>Clasificación de Suelos</b>			
Sistema SUCS	SC		
Sistema AASHTO	A-2-4		
<b>TASA DE CAL PARA ESTABILIZACION</b>			
SUELO	CANTIDAD		
SC	24.48 kg/m <sup>2</sup>		
<b>ENSAYO DE COMPACTCIÓN</b>			
	Natural	Estabilizada	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	2.04	1.94	
Optimo Contenido de Humedad	8.00%	10.64%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	Expansión	% CBR (95%)	% CBR (100%)
Natural	1.01%	2.00%	3.50%
Estabilizada	0.11%	7.70%	12.00%

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 59 Resumen de Resultados de Ensayos de la C- 03 (M-01) Natural y Estabilizada

<b>RESULTADOS DE ENSAYO A LA C-03</b>			
<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO</b>			
Grava	16.20%		
Arena	27.00%		
Finos	56.80%		
<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>			
Límite Líquido	30.11%		
Límite Plástico	19.63%		
Índice de Plasticidad	10.48%		
<b>Clasificación de Suelos</b>			
Sistema SUCS	CL		
Sistema AASHTO	A-4(4)		
<b>TASA DE CAL PARA ESTABILIZACIÓN</b>			
SUELO	CANTIDAD		
CL	6.48 kg/m <sup>2</sup>		
<b>ENSAYO DE COMPACTACIÓN</b>			
	Natural	Estabilizada	
Máxima Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80	1.85	
Óptimo Contenido de Humedad	8.60%	7.20%	
<b>RELACIÓN DE SOPORTE CBR</b>			
	Expansión	% CBR (95%)	% CBR (100%)
Natural	1.62%	5.70%	8.00%
Estabilizada	0.13%	17.20%	28.00%

Fuente: Elaboración Propia

#### IV. DISCUSION

- En la mezcla suelo – cal para los dos estratos que se estudió se aprecia el cambio de propiedades mecánicas como es el incremento de resistencia respecto al suelo natural, La relación de soporte CBR para el caso del estrato arena arcillosa en inicio presento un valor del 3.5%, y este se incrementó hasta un 12%, mientras que el estrato arcilloso que presento al inicio un valor de CBR de 8%, se incrementó al 28%, cumplimiento así los requerimiento establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC que el valor de CBR para una sub – rasante deberá ser mayor al 10%
- En concordancia a los antecedentes de la investigación realizada en la carretera Boquete - santa Ana por los tesisistas Ing. Magda María Sosa e Ing. José Fernando Bustamante, en donde los suelos estudiados en estado natural fueron en mayoría .Arena arcillosa (SC) , arena limosa (SM) de acuerdo a la clasificación SUCS, se comprueba que el uso del estabilizante químico cal en cantidades altas  $\geq 8\%$  de cal aplicado a tipos de suelo con textura gruesa, técnicamente puede llegar a cumplir con las resistencias requeridas por el MTC pero con respecto al análisis económico no es rentable.
- En discrepancia a los antecedentes internacionales de la investigación realizada en Guatemala por la tesisista Marta Liliana Jiménez, se puede decir que el óptimo contenido de cal para estabilizar un suelo de estrato arcilla inorgánica por medio del método EADES Y GRIM está en el rango de 3.5%-4% ya que con esos porcentajes el pH se aproxima al 12.4, mientras que la tesisista en su investigación por el mismo método determina un óptimo de cal del 6% con un pH en promedio de 12.46, la cual ya no estaría cumpliendo con los parámetros establecidos por la norma CE.020 para este método.

## V. CONCLUSIONES

Luego de haber realizado el estudio de las características físicas de las muestras del suelo, el estudio de la Máxima densidad seca y posteriormente la comparación mediante ensayos de compresión (CBR) llegamos a las siguientes conclusiones

1. Para nuestra investigación, se ha tomado en estudio el terreno natural de la carretera no pavimentada PARIA – WILCAHUAIN, de modo que se buscaba evaluar si dicho material cumplía los requerimientos mínimos de resistencia que debe tener una sub –rasante, parámetros que son establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).
  - Al analizar las muestras representativas extraídas de las 3 exploraciones que se realizó a lo largo de la carretera se pudo determinar que los suelos que predominan son SC (A-2-4) Y CL (A-4) de acuerdo a la clasificación SUCS Y AASHTO, son aquellos suelos con presencia de material arcilloso y presentan además una plasticidad promedio del 10 % , lo cual son características particulares que conllevan a tener una baja capacidad de soporte, que fue comprado por medio del ensayo de relación de soporte CBR, aplicados alas C-01 , C-02 Y C-03 en donde la 1° tenía un CBR (100%) del 3.5%, y una Máxima Densidad seca obtenido del Proctor modificado de 2.04 kg/cm<sup>3</sup>, la 2° se calculó un CBR de 10% al (100%) y una M.D.S de 1.83kg/cm<sup>3</sup> y finalmente la 3° calicata presento un CBR de 8% al (100%) y una M.D.S del 1.80kg/cm<sup>3</sup>, datos que en parte no cumplía con la resistencia mínima que debe tener una capa de SUB – RASANTE.
  - Se pudo comprobar que es factible técnicamente emplear la cal hidrata, para estabilizar químicamente la sub – rasante, que está compuesto de los suelos SC (Arena arcillosa con poca grava) y CL (Arcilla inorgánica de plasticidad baja con arena y poca grava). Proporcionándole así mejores características mecánicas y mayores resistencias con respecto al suelo virgen.

2. De acuerdo a un estudio económico simple se determinó que el costo de estabilización por m<sup>2</sup> de CAL HIDRATADA , dependerá del tipo de suelo a mejorar, dicho a ello para la estabilización de un suelo SC el costo es de s/. 56.30 por m2 y para la estabilización para un CL es s/.14.90 por m2
  
3. Las dos pruebas de comportamiento realizadas a la mezcla suelo-cal, con la finalidad de comprobar su mejora indican que al utilizar el estabilizante químico cal, existe la tendencia al aumento de resistencia del suelo, lo cual va a garantizar una adecuada durabilidad a la sub – rasante, para que posteriormente esta sea usada como fundación de la estructura de un pavimento.
  - Se pudo comprobar la mejora de la resistencia de la sub – rasante de la carretera PARIA – WILCAHUIAN, al incorporar la cal al suelo SC y CL correspondientes de la calicata 1 y 3, está comprobación se dio por medio del ensayo de CBR, previo al ensayo Proctor modificado, teniendo así un CBR del suelo natural de la C-01 una resistencia de 3.50% y con una expansión de 1.01 %, y al incorporarle el 8 % de cal, cantidad optima obtenida del ensayo de Eades y grim este aumento su CBR al 12% y redujo su hinchamiento a un 0.11 %, del mismo modo para el suelo CL que al inicio tuvo un CBR del 8% con una expansión de 1.62% y al incorporarle el 4 % de cal, cantidad optima obtenido del mismo ensayo anterior, aumento hasta un 28% y redujo su expansión al 0.13%, cumpliendo así con los requisitos de resistencia para ser usada como capa de sub-rasante.
  - Finalmente la hipótesis planteada en la investigación ha sido demostrado, ya que el uso de cal hidrata en su porcentaje optimo con respecto al peso del suelo seco, este incrementa la resistencia de la sub -rasante de la carretera no pavimentada de bajo transito PARIA – WILCAHUAIN.

## VI. RECOMENDACIONES

1. Se recomienda que antes de optar por algún estabilizante químico, se debe tener el conocimiento de las Propiedades Físicas y mecánicas de estos suelos a tratar, de los problemas que puede causar y de las soluciones que puede adoptar.
2. Es recomendable la utilización de la Cal Hidratada en suelos que presenten estratos de textura gruesa como las Arenas arcillosas y textura fina como las Arcillas, que presentan baja relación de soporte CBR, ya que aumenta este parámetro permitiéndole llegar a los especificados en la norma del MTC.
3. Se recomienda la utilización de la cal para ser aplicado en campo, siempre en cuando se tengan suelos con estrato fino, ya que de los resultados se pudo comprobar que técnica y económicamente es factible, mientras que suelos de estrato arenoso (textura gruesa) económicamente no es rentable ya que la proporción de cal a añadir a este suelo es demasiado.
4. Realizar estudios de estabilización con la Cal Hidratada en carreteras de bajo volumen de tránsito que presenten suelos de baja capacidad de soporte, que no cumplan con requerimientos mínimos para ser usados como capa de Sub – Rasante, establecidos por el MTC, todo ello con la finalidad de mejorar la transitabilidad y aumentar la durabilidad de la estructura de un pavimento.

## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

**ALTAMIRANO, Genaro y DIAZ, Axell. 2015.** Estabilizacion de suelos cohesivos por medio de cal en las vias de la comunidad de san isidro del pegon. Managua : Universidad Nacional Autonoma de Nicaragua, 2015. 106pp.

**ANCADE. 2008.** MANUAL DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CEMENTO O CAL. ESPAÑA : IECA, 2008.

**ATARAMA, Edson. 2015.** Evaluacion de la transitabilidad para caminos de bajo volumen de transito estabilizados con aditivo proes. Piura : Universidad Nacional de Piura, 2015.

**CEA, David, GUINEA, Carla y ROSA, Eduardo. 2009.** Guia de diseño estructural, construccion y mantenimiento en caminos de baja intensidad de transito usando tratamientos superficiales asfalticos. El Salvador : Universidad del Salvador - Centro America, 2009.

**GARCIA, Eduardo. 2009.** fcpa.org proyectos. Manual Practico para el mejoramiento de caminos vecinales y construccion de pequeños puentes. [En línea] 2009. [Citado el: 15 de MAYO de 2017.] <http://www.fcpa.org.pe/archivos/file/DOCUMENTOS/5.%20Manuales%20de%20proyectos%20de%20infraestructura/Manual%20de%20caminos%20y%20puentes.pdf>.

**MARQUEZ, Santiago. 2005.** Civiltrelew. MANUAL DE ESTABILIZACION DE SUELOS. [En línea] 2005. [Citado el: SABADO de MAYO de 2017.] <https://sites.google.com/site/civiltrelew/EstabilizaciondeSuelos.pdf>.

**MENÉNDEZ, Jose. 2012.** Ingenieria de Pavimentos, Materiales, Diseño y Conservacion. 3° ed. Lima : ICG, Instituto de la Construccion y Gerencia, 2012.

**MONTEJO, Alfonso. 2002.** Ingenieria de Pavimentos Segunda Edicion. Colombia : Agora, 2002. ISBN: 958-96036-2-9.

**MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2014.** mtc. Manual de carreteras, Diseño Geometrico. [En línea] octubre de 2014. 328pp. [Citado el: 5 de junio de 2017.] [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/DG%202014\\_\(Oct\\_2014\).pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/DG%202014_(Oct_2014).pdf).

**MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2014.** mtc .Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, Sección suelos y Pavimentos. [En línea] 2014. 301pp. [Citado el: 5 de junio de 2017.] [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos\\_Manual\\_de\\_Carreteras.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Seccion%20Suelos%20y%20Pavimentos_Manual_de_Carreteras.pdf).

**MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2008.** mtc. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. [En línea] 2008. 159pp. [Citado el: 5 de junio de 2017.] [www.mtc.gob.pe/.../manual/...MEspecificaciones/MEspecific-Volumen%20II.pdf](http://www.mtc.gob.pe/.../manual/...MEspecificaciones/MEspecific-Volumen%20II.pdf).

**MTC: Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2013.** mtc. Manual de carreteras, Especificaciones técnicas generales para construcción. [En línea] junio de 2013. [Citado el: 5 de junio de 2017.] [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20-%20\(Versión%20Revisada%20-%20JULIO%202013\).pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20%20Especificaciones%20Técnicas%20Generales%20para%20Construcción%20-%20EG-2013%20-%20(Versión%20Revisada%20-%20JULIO%202013).pdf).

**MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2014.** mtc. Manual de carreteras - Conservación Vial. [En línea] marzo de 2014. [Citado el: 5 de junio de 2017.] [http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20Conservación%20Vial%20a%20marzo%202014\\_digit\\_original\\_def.pdf](http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20Conservación%20Vial%20a%20marzo%202014_digit_original_def.pdf).

**MVCS: Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2015.** Reglamento Nacional de Edificaciones - NORMA CE 0.20. LIMA : Megabyte, 2015. 126pp.

**NACIONAL LIME ASSOCIATION. 2004.** Manual de Estabilización de suelo tratado con Cal. Estabilización y Modificación con cal. [En línea]. [Citado el 10 de agosto de 2017] [http://www.lime.org/documents/publications/free\\_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf](http://www.lime.org/documents/publications/free_downloads/construct-manual-spanish2004.pdf)

**RICO, A, Del Castillo. 2005.** La Ingeniería de Suelos en las vías Terrestres, Ferrocarriles y Aeropistas, Vol 1 México : ICG, Editorial Limusa S.A

## ANEXOS

## ANEXO N°1 MATRIZ DE CONSISTENCIA

TITULO	FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	VARIABLES
<p><b>“MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB – RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRÁNSITO PARIA – WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017”</b></p>	<p>¿Es factible el mejoramiento de la Relación de Soporte California (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la Sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito Paria – Wilcahuain, Huaraz – 2017?</p>	<p><b>OBJETIVO GENERAL</b> Mejorar la relación de soporte (CBR) al adicionar el estabilizante químico cal a la Sub – Rasante de la carreta no pavimentada de bajo tránsito Paria – wilcahuain, Huaraz - 2017</p>	<p><b>GENERAL:</b> La incorporación del estabilizante químico cal, logra mejorar la Relación de Soporte (CBR) de la Sub – rasante de la carretera no pavimentada de bajo tránsito PARIA – WILCAHUAIN, Huaraz – 2017.</p>	<p><b>TIPO DE INVESTIGACIÓN:</b> CUANTITATIVA</p>	<p><b>V. I.</b> ADICION DE LA CAL</p>
		<p><b>OBJETIVOS ESPECIFICOS</b> Determinar las características físicas – mecánicas del suelo de la carretera no pavimentada PARIA – WILCAHUAIN.  Determinar el valor del CBR del suelo de la Sub-Rasante de la carretera no pavimentada Paria – Wilcahuain después de adicionar el estabilizante químico cal  Propuesta concreta de mejora respecto al tratamiento suelo – cal.</p>		<p><b>DISEÑO DE INVESTIGACIÓN</b> EXPERIMENTAL</p>	<p><b>V. D.</b> ESTABILIZACIÓN DE LA SUB - RASANTE</p>

## **ANEXO N°2 ENSAYOS DE LABORATORIO**



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION  
 ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE SUELOS

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL  
 NTP 339.127 / ASTM D2216

CALICATA	C - 01	UBICACIÓN	Km 0+067.60	PROF. (m)	1.50
		MUESTRA	M-01		

1	Nº DEL RECIPIENTE		1	2	
2	PESO DEL RECIPIENTE (g)		20.9	18.8	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)		85.1	69.1	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)		81.0	66.0	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA (g)		4.1	3.1	
6	PESO DEL SUELO SECO (g)		60.1	47.2	PROMEDIO
7	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		6.8	6.5	6.7

Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 RES. 62689



Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

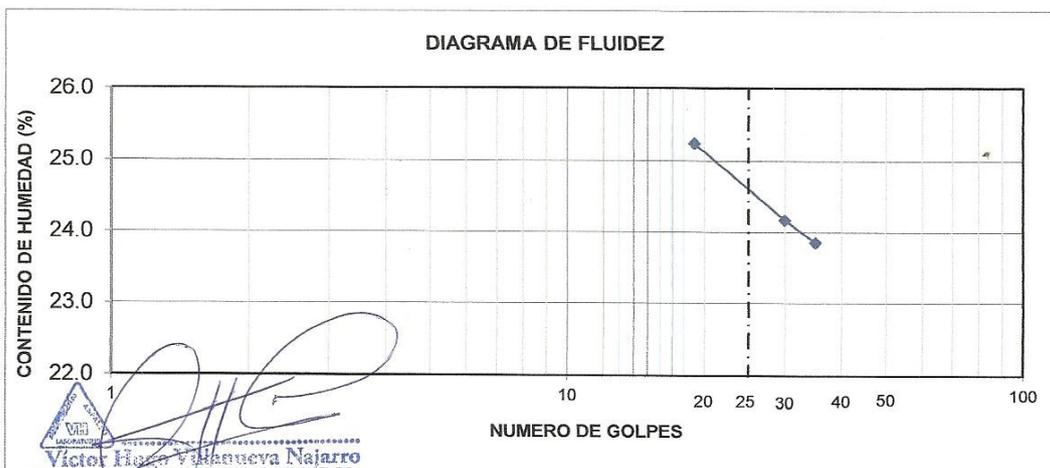
LABORATORIO DE SUELOS

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

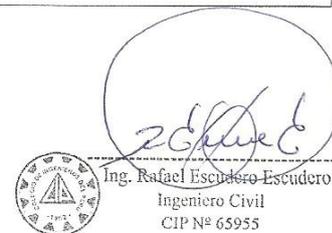
LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / NTP 339.129

CALICATA :	01	MUESTRA :	M-01	PROF. (m) :	1.50
PROGRESIVA Km 0+067.60					

PRUEBA N°		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
ROTULO DE RECIPIENTE		1A	1B	1C		1D	1E
NÚMERO DE GOLPES		35	30	19			
1	PESO DEL RECIPIENTE (g)	16.1	19.4	17.5		16.3	7.9
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO (g)	31.3	35.8	33.0		19.1	10.90
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	28.4	32.6	29.8		18.7	10.5
4	PESO DEL AGUA (g)	2.92	3.2	3.12		0.4	0.4
5	PESO DEL SUELO SECO (g)	12.24	13.24	12.36		2.34	2.62
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	23.9	24.2	25.2		17	15



LÍMITE LÍQUIDO :	24.42%
LÍMITE PLÁSTICO :	16.18%
ÍNDICE PLÁSTICO :	8.24%





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	SEPTIEMBRE - 2017

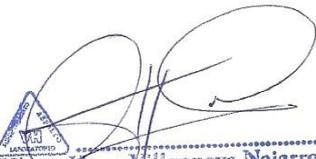
**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

  
 Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



CALICATA	C - 01
UBICACIÓN	Km 0+67.60
PROF (m)	1.50

TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	88.2
3/4"	83.8
1/2"	79.2
3/8"	76.6
1/4"	74.0
N°4	71.6
N°10	64.7
N°20	58.2
N°40	50.2
N°60	44.6
N°140	34.0
N°200	32.0

  
 Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

SUCS	SÍMBOLO	<b>SC</b>
	DENOMINACION	ARENA ARCILLOSA: MEZCLA DE ARENA MAL GRADADA, ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD Y GRAVA
ASSHTO	GRUPO	A-2-4



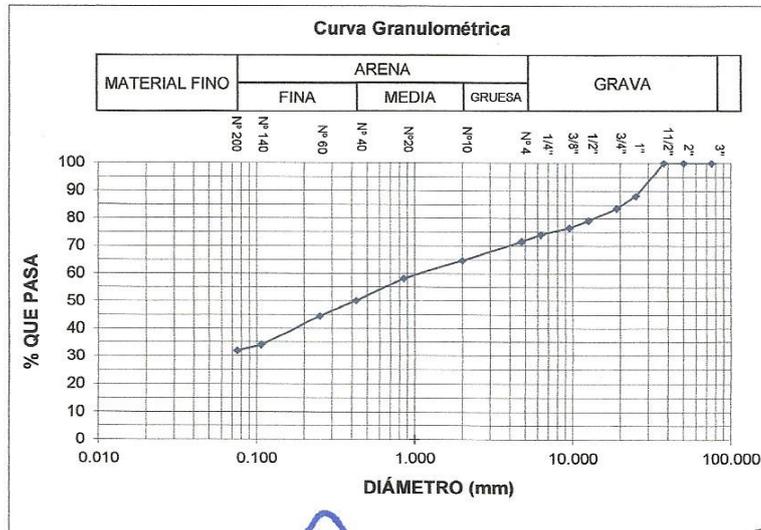
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES  
 LABORATORIO DE SUELOS

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	SEPTIEMBRE - 2017

CALICATA	C - 01
UBICACIÓN	Km 0+67.60
PROF (m)	1.50



*[Signature]*  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 R.C.B. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 REG. INDECOPI CERTF. 95136



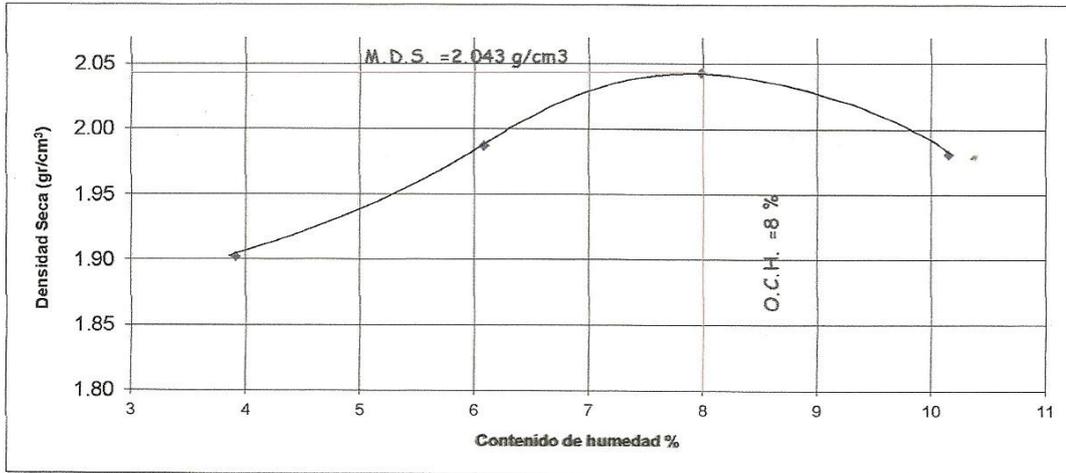
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)  
 ASTM D 1556

<b>TESIS</b>	MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017*				
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-01 (SC) ESTADO NATURAL		
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01	PROF (m)	0.35 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+067.60		

MOLDE Nº	1	Volumen de Molde (cc):	943.67	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS Nº	5	Golpes (Nº):	25	Peso de Molde (gr):	2086	Método:	A
MUESTRA	Nº	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	3952	4076	4168	4146		
PESO DEL MOLDE	Grs.	2086	2086	2086	2086		
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1866	1990	2082	2060		
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	1.98	2.11	2.21	2.18		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
RECIPIENTE	Nº	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	88.4	90.8	83.2	92.5		
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	86.1	87.1	79.0	86.5		
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	27.3	26.6	26.9	27.4		
PESO DEL AGUA	Grs.	2.3	3.7	4.2	6.0		
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	58.8	60.5	52.1	59.1		
HUMEDAD	%	3.9	6.1	8.0	10.1		
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	1.90	1.99	2.043	1.98		



DENSIDAD MAXIMA = 2.043      HUMEDAD OPTIMA = 8

*[Signature]*  
**Victor Hugo Cahuana Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 RES. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338 124      E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 RUC : 20600954173      REG. INDECOPI CERTF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
**ASTM D 1883**

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-01 (SC) ESTADO NATURAL		
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01	<b>PROF (m)</b>	0.35-1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+67.60		

<b>MOLDE Nº</b>	1	X	3			
<b>Nº DE CAPAS</b>	5	5	5			
<b>Nº DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	10			
<b>MUESTRA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2097		2097		2097	
<b>PESO DE MOLDE</b>	4150		4150		4150	
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>	8763.5		8598.5		8477.4	
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	4613.5		4438		4327.4	
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	2.20		2.12		2.06	
<b>RECIPIENTE Nº</b>	18		7		2	
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>	48.6		48.5		48.8	
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>	205.3		198.5		216.3	
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>	194.4		186.7		202.3	
<b>PESO DE AGUA</b>	10.9		11.8		14.0	
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	145.8		138.2		153.5	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	7.5		8.5		9.1	
<b>DENSIDAD SECA</b>	2.03		1.95		1.89	

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSIÓN								
			56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
			mm	%		mm	%		mm	%	
20/10/2017	05:30 p.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
24/10/2017	05:30 p.m.	96:00 hrs	34	0.86	0.74	45	1.14	0.98	60	1.52	1.31

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	PENETRACIÓN								
		56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		0	6.6	2	0	4.0	1	0	2.2	1
0.050		0	18.1	6	0	10.3	3	0	6.1	2
0.075		0	43.4	14	0	22.4	7	0	13.8	5
0.100	1000	0	66.9	22	0	54.7	18	0	30.5	10
0.150		0	148.7	50	0	88.9	30	0	51.9	17
0.200	1500	0	227.8	76	0	126.4	42	0	84.7	28
0.250		0	323.7	108	0	174.2	58	0	148.9	50
0.300		0	437.4	146	0	215.8	72	0	195.2	65
0.400			667.8	223	0	289.1	96	0	256.4	85
0.500			901.7	301						

**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
**ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS**  
**CONCRETO Y PAVIMENTO**  
**RES. 62639**



**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP Nº 65955**

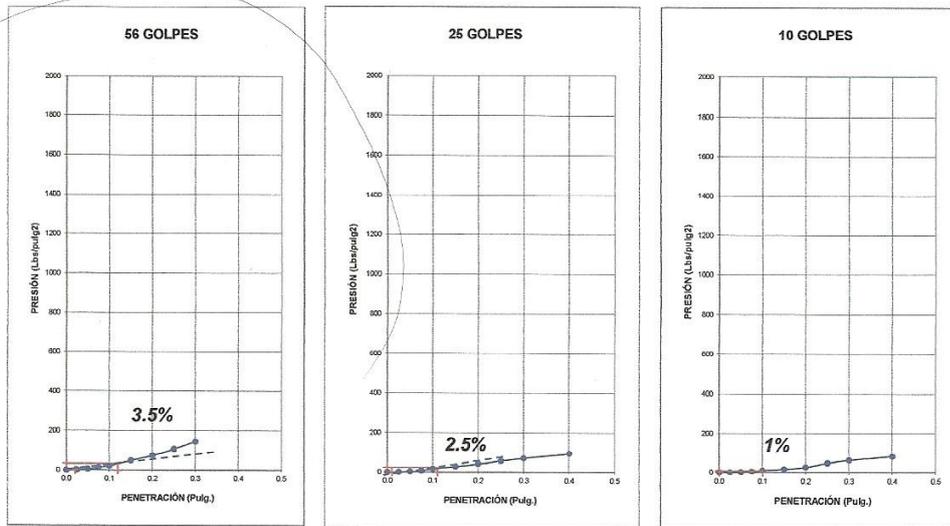


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

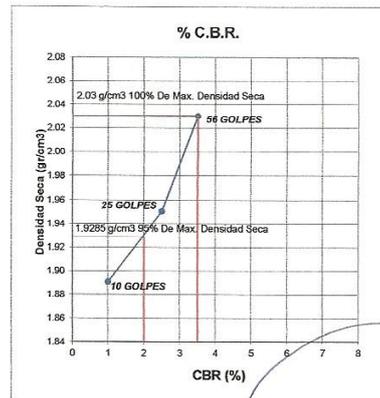
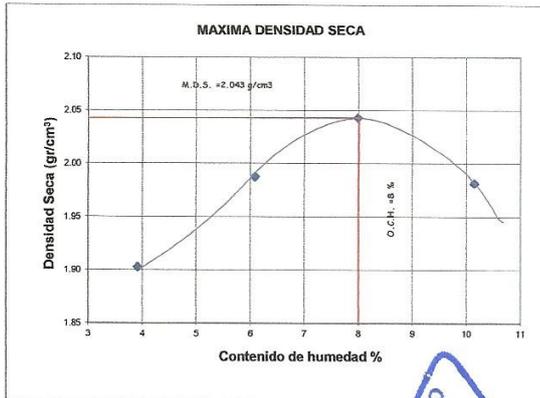
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
 ASTM D 1883

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-01 (SC) ESTADO NATURAL		
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01	<b>PROF (m)</b>	0.35 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+067.60		



<b>PENETRACION (PULG.)</b>	<b>C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	<b>C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA</b>
<b>0,1"</b>	<b>2%</b>	<b>3.5%</b>



*[Signature]*  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE SUELOS

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

NTP 339.127 / ASTM D2216

CALICATA	C - 02	UBICACIÓN	Km 1+293.09	PROF. (m)	1.50
-	-	MUESTRA	M-01		

1	N° DEL RECIPIENTE		21	22	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	19.8	17.5	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	99.3	88.6	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	92.9	83.5	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA	(g)	6.4	5.1	
6	PESO DEL SUELO SECO	(g)	73.1	66.0	PROMEDIO
7	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	8.8	7.7	8.2

  
 Victor Hugo Villalobos Najarro  
 ESPECIALISTA EN EL LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62689



  
 Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 REG. INDECOPI CERTIF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

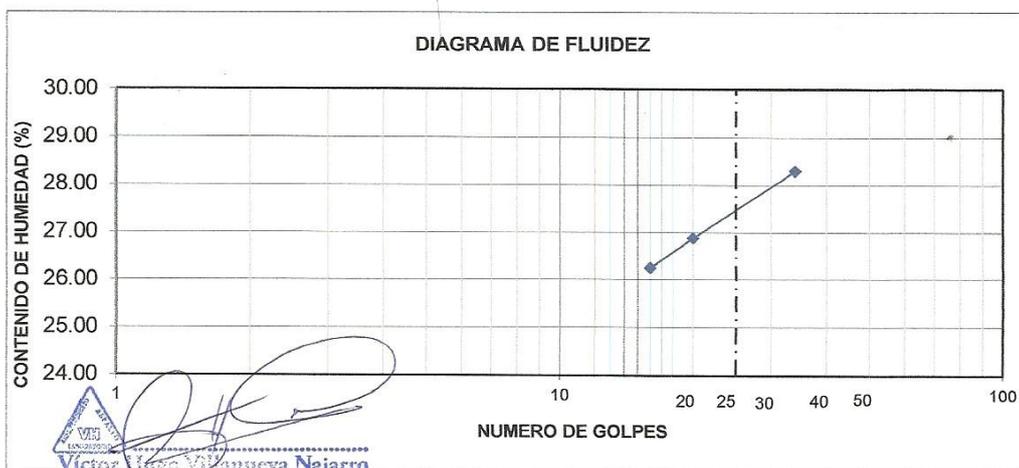
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

**LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / NTP 339.129**

CALICATA :	02	MUESTRA :	M-01	PROF. (m) :	1.50
PROGRESIVA: Km 1+293.09					

PRUEBA N°	RECIPIENTE N°	NÚMERO DE GOLPES	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
			1	2	3	4	1	2
			1	2	3	4	24	25
			34	20	16			
1	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	17.7	18.8	17.9		16.1	16.3
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HÚMEDO	(g)	31.30	30.60	28.00		21.67	22.10
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	28.30	28.10	25.90		20.80	21.30
4	PESO DEL AGUA	(g)	3.00	2.50	2.10		0.87	0.80
5	PESO DEL SUELO SECO	(g)	10.60	9.30	8.00		4.70	5.00
6	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.30	26.88	26.25		18.51	16.00



LÍMITE LÍQUIDO :	27.14%
LÍMITE PLÁSTICO :	17.25%
ÍNDICE PLÁSTICO :	9.89%





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE -2017

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

CALICATA	C - 02
UBICACIÓN	Km 1+293.09
PROF (m)	1.50

TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	100.0
1"	94.0
3/4"	90.6
1/2"	88.3
3/8"	87.7
1/4"	86.9
N°4	85.7
N°10	78.7
N°20	74.3
N°40	71.2
N°60	65.2
N°140	58.0
N°200	51.4

  
 Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



  
 Victor Hugo Villanueva Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

	SÍMBOLO	CL
SUCS	NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA INORGANICA DE BAJA PLASTICIDAD CON ARENA Y POCA GRAVA
ASSHTO	GRUPO	A-4(2)



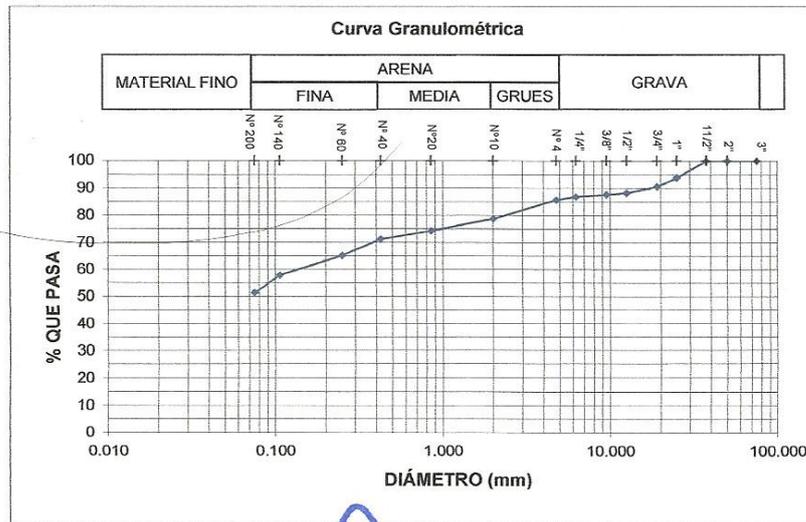
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE -2017

CALICATA	C - 02
UBICACIÓN	Km 1+293.09
PROFUNDIDAD (m)	1.50



*[Signature]*  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 R.E.E. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955



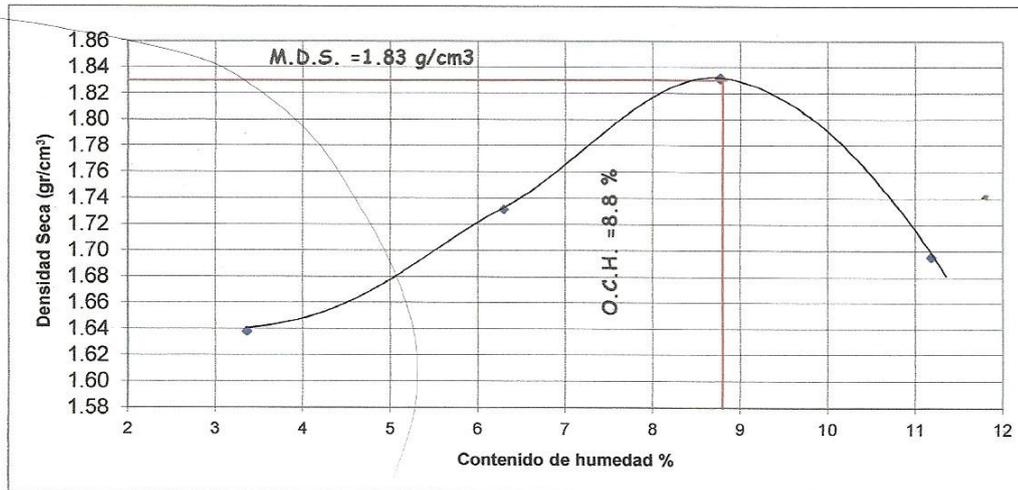
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)  
 ASTM D 1556

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	<b>C-02 (CL) ESTADO NATURAL</b>
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01 PROF (m) 0.50 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	<b>Km 1+293.09</b>

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	943.69	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Colpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	2086	Método:	A
<b>MUESTRA</b>		N°	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.	3684	3823	3966	3885		
PESO DEL MOLDE	Gr.	2086	2086	2086	2086		
PESO DEL SUELO HUMEDO	Gr.	1598	1737	1880	1779		
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Gr/c.c.	1.69	1.84	1.99	1.89		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
<b>RECIPIENTE</b>		N°	15	6	18	2	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.	185.0	170.2	158.9	186.1		
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.	180.6	163.0	150.0	172.3		
PESO DE LA CAPSULA	Gr.	49.5	48.6	48.5	48.9		
PESO DEL AGUA	Gr.	4.4	7.2	8.9	13.8		
PESO DEL SUELO SECO	Gr.	131.1	114.4	101.5	123.4		
HUMEDAD	%	3.4	6.3	8.8	11.2		
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr/c.c.	1.64	1.73	1.832	1.70		



DENSIDAD MAXIMA = 1.83      HUMEDAD OPTIMA = 8.8

*[Signature]*  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
 ASTM D 1883

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-02 (CL) ESTADO NATURAL		
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01	<b>PROF (m)</b>	0.50 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 1+293.09		

<b>MOLDE N°</b>	4		5		6	
<b>N° DE CAPAS</b>	5		5		5	
<b>N° DE GOLPES POR CAPA</b>	56		25		10	
<b>MUESTRA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2097		2097		2097	
<b>PESO DE MOLDE</b>	4150		4150		4150	
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>	8289		8053		7825	
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	4139		3903		3675	
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	1.97		1.86		1.75	
<b>RECIPIENTE N°</b>	18		7		2	
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>	48.6		48.5		48.8	
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>	204.1		181.6		199.2	
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>	193.2		171.5		187.7	
<b>PESO DE AGUA</b>	10.9		10.1		11.5	
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	144.6		123.0		138.9	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	7.5		8.2		8.3	
<b>DENSIDAD SECA</b>	1.84		1.72		1.62	

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANCIÓN								
			56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	
13/10/2017	09:00 a.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
17/10/2017	09:00 a.m.	96 :00 hrs	37.00	0.94	0.81	50.00	1.27	1.09	70.00	1.78	1.53

PENETRACIÓ N	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	PENETRACIÓN								
		56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		5	104	35	3	84	28	1	65	22
0.050		10	154	51	7	124	41	4	94	31
0.075		15	203	68	12	174	58	8	134	45
0.100	1000	24	293	98	19	243	81	10	154	51
0.150		45	501	167	33	382	127	17	223	74
0.200	1500	78	828	276	58	630	210	25	302	101
0.250		125	1294	431	92	967	322	35	402	134
0.300		162	1660	553	124	1284	428	46	511	170
0.400		204	2077	692	162	1660	553	72	768	256
0.500										

**Victor Manuel Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 R.E.S. 62639



**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955

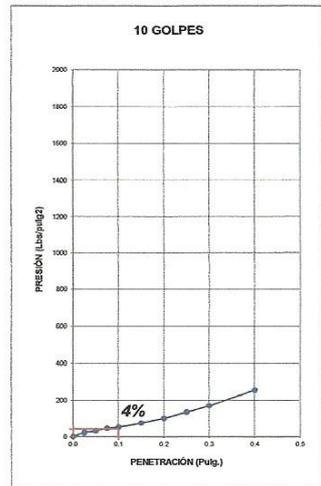
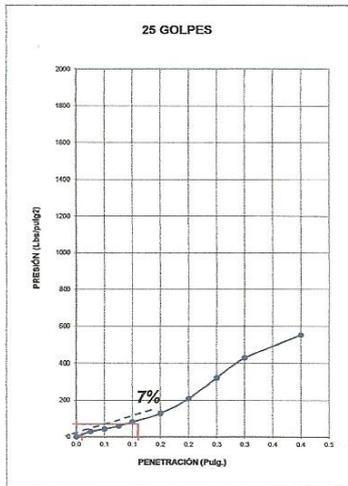
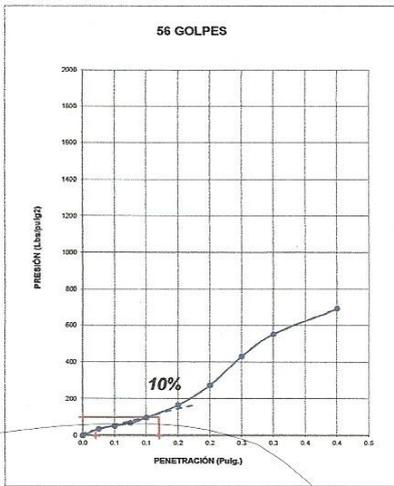


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

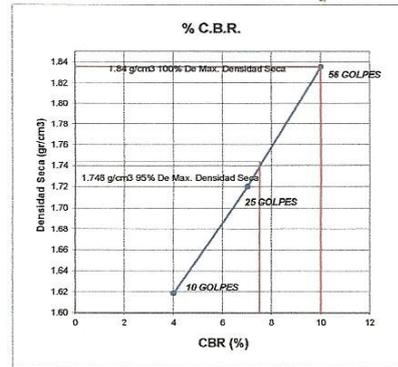
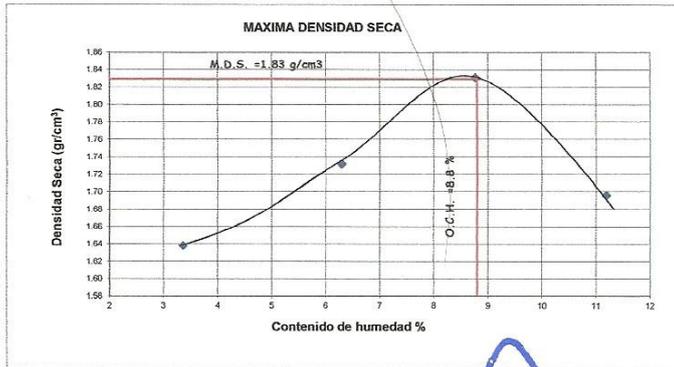
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
**ASTM D 1883**

TESIS	*MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017*		
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	CALICATA	C-02 (CL) ESTADO NATURAL
LUGAR	VH LABORATORIO E.I.R.L.	MUESTRA	M-01 PROF (m) 0.50 - 1.50
FECHA	HUARAZ, OCTUBRE 2017	PROGRESIVA	Km 1+293.09



PENETRACIÓN (PUL.G.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
<b>0,1"</b>	<b>7.5%</b>	<b>10%</b>



*[Signature]*  
**VICTOR MANUEL VILLANUEVA Najarro**  
**ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS**  
**CONCRETO Y PAVIMENTO**  
**R.E.B. 62639**



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP N° 65955**



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

**ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL**

NTP 339.127 / ASTM D2216

CALICATA	C - 03	UBICACIÓN	Km 2+042.53	PROF. (m)	1.50
CANTERA	-	MUESTRA	M-01		

1	N° DEL RECIPIENTE		3	4	
2	PESO DEL RECIPIENTE	(g)	20.5	17.1	
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(g)	109.8	79.6	
4	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO	(g)	103.7	74.8	
5	PESO DEL AGUA CONTENIDA	(g)	6.1	4.8	
6	PESO DEL SUELO SECO	(g)	83.2	57.7	PROMEDIO
7	CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	7.3	8.3	7.8

Victor Manuel Manuella Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTO  
RES. 82689



Ing. Rafael Escudero Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP N° 65955



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

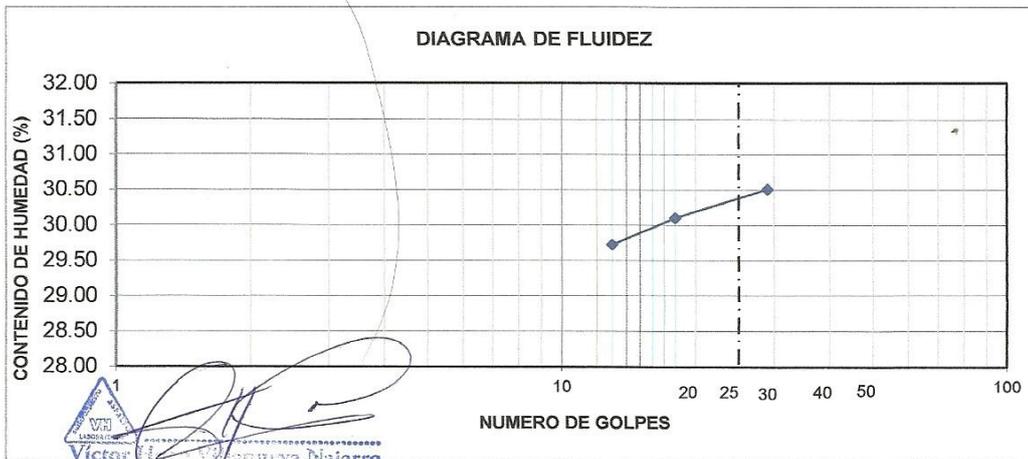
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

**LÍMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318 / NTP 339.129**

CALICATA :	03	MUESTRA :	M-01	PROF. (m) :	1.50
PROGRESIVA: 2+042.53					

		LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
		1	2	3	4	1	2
PRUEBA N°							
RECIPIENTE N°		1	2	3		24	25
NÚMERO DE GOLPES		13	18	29			
1	PESO DEL RECIPIENTE (g)	13.1	9.9	9		9	9.4
2	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO HUMEDO (g)	38.15	36.74	38.86		12.60	12.81
3	PESO DEL RECIPIENTE + SUELO SECO (g)	32.41	30.53	31.88		12.02	12.24
4	PESO DEL AGUA (g)	5.74	6.21	6.98		0.58	0.57
5	PESO DEL SUELO SECO (g)	19.31	20.63	22.88		3.02	2.84
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.73	30.10	30.51		19.21	20.07



LÍMITE LÍQUIDO :	30.11%
LÍMITE PLÁSTICO :	19.63%
ÍNDICE PLÁSTICO :	10.48%



  
 Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

CALICATA	C - 03
UBICACIÓN	Km 2+042.53
PROF (m)	1.50

TAMIZ	% QUE PASA
3"	100.0
2"	100.0
1 1/2"	95.2
1"	90.7
3/4"	87.7
1/2"	86.4
3/8"	85.5
1/4"	84.7
N°4	83.8
N°10	82.0
N°20	80.0
N°40	75.7
N°60	70.0
N°140	65.4
N°200	56.8

**CLASIFICACIÓN DE SUELOS**

SUCS	SÍMBOLO	<b>CL</b>
	NOMBRE DE GRUPO	ARCILLA INORGANICA DE PLASTICIDAD BAJA CON ARENA Y POCA GRAVA
ASSHTO	GRUPO	A-4 (4)

**Victor Anaya Najarro**  
 ESPECIALISTA LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955

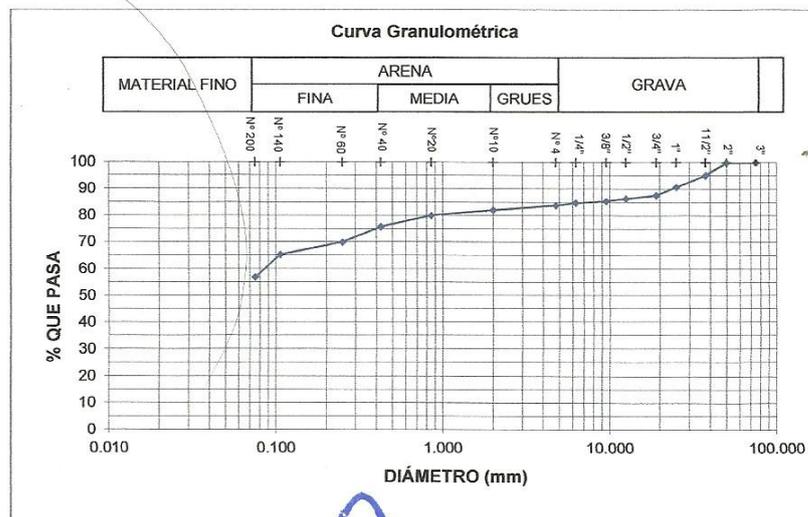


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**LABORATORIO DE ENSAYOS DE MATERIALES**  
**LABORATORIO DE SUELOS**

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	HUARAZ, SEPTIEMBRE - 2017

CALICATA	C - 03
UBICACIÓN	Km 2+042.53
PROF (m)	1.50



*[Signature]*  
**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escedero Escedero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004335  
 RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 REG. INDECOPI CERTF. 95136



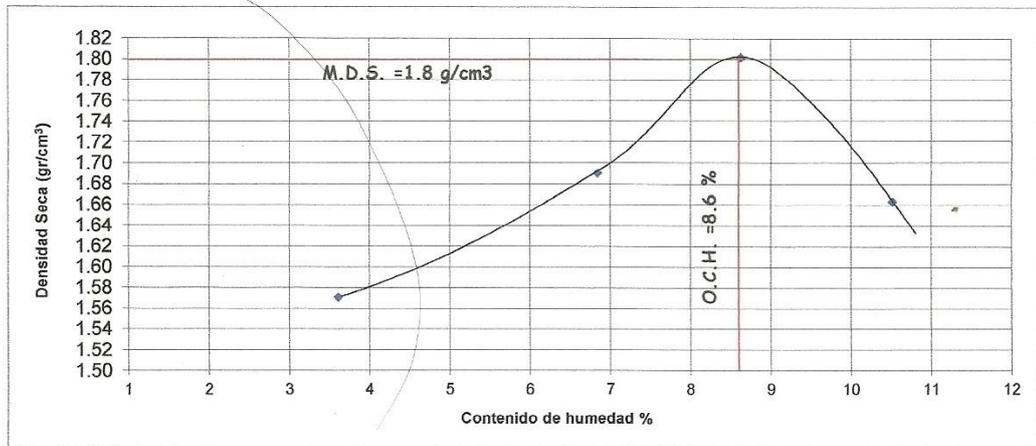
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)**  
 ASTM D 1556

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARRA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-03 (CL) ESTADO NATURAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01 PROF (m) 0.40-1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 2+042.53

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	943.69	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	2086	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	3622	3790	3933	3821		
PESO DEL MOLDE	Grs.	2086	2086	2086	2086		
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1536	1704	1847	1735		
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	1.63	1.81	1.96	1.84		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2		
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	144.2	139.2	168.1	151.9		
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	140.9	133.4	158.6	142.1		
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	49.5	48.6	48.5	48.9		
PESO DEL AGUA	Grs.	3.3	5.8	9.5	9.8		
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	91.4	84.8	110.1	93.2		
HUMEDAD	%	3.6	6.8	8.6	10.5		
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	1.57	1.69	1.80	1.66		



DENSIDAD MAXIMA = 1.8      HUMEDAD OPTIMA = 8.6

**Victor Espinoza**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 RES. 62699



**Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 REG. INDECOPI CERTF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
**ASTM D 1883**

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-03 (CL) ESTADO NATURAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01 PROF (m) 0.40 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 2+042.53

<b>MOLDE N°</b>	11	8	2
<b>N° DE CAPAS</b>	5	5	5
<b>N° DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	10
<b>MUESTRA</b>	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2097	2097	2097
<b>PESO DE MOLDE</b>	4150	4150	4150
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>	8173	7996	7783
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	4023	3846	3633
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	1.92	1.83	1.73
<b>RECIPIENTE N°</b>	15	6	9
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>	48.6	48.5	48.8
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>	242.6	192.0	195.2
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>	227.8	181.9	185.4
<b>PESO DE AGUA</b>	14.8	10.1	9.8
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	179.2	133.4	136.6
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	8.3	7.6	7.2
<b>DENSIDAD SECA</b>	1.77	1.70	1.62

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANCIÓN								
			56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%	
27/10/2017	06:00 p.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
31/10/2017	06:00 p.m.	96:00 hrs	60.90	1.55	1.33	72.00	1.83	1.57	90.00	2.29	1.96

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg2)	PENETRACIÓN								
		56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		4	94.3	31	2	74.4	25	0.5	59.6	20
0.050		7	124.0	41	5	104.2	35	3	84.4	28
0.075		12	173.6	58	9	143.8	48	5	104.2	35
0.100	1000	18	233.0	78	13	183.5	61	8	133.9	45
0.150		32	371.8	124	28	332.2	111	12	173.6	58
0.200	1500	58	629.5	210	40	451.1	150	20	252.9	84
0.250		88	926.9	309	58	629.5	210	33	381.7	127
0.300		127	1313.4	438	74	788.1	263	44	490.7	164
0.400					90	946.7	316	70	748.4	249
0.500										

**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
**ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS**  
**CONCRETO Y PAVIMENTO**  
**REG. 62639**



**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
**Ingeniero Civil**  
**CIP N° 65955**

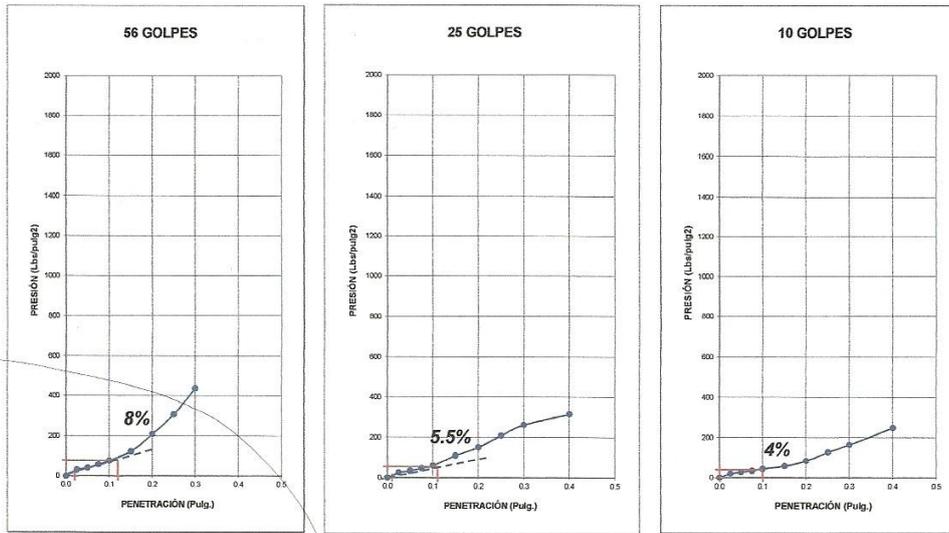


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

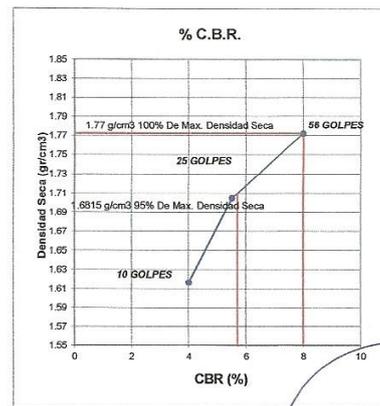
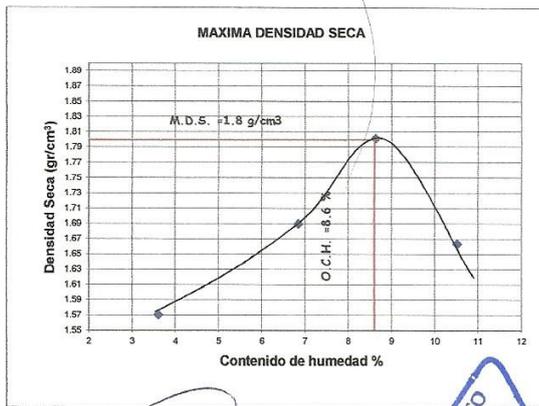
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
 ASTM D 1883

<b>TESIS</b>	*MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017*		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-03 (CL) ESTADO NATURAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L.	<b>MUESTRA</b>	M-01 PROF (m) 0.40 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, OCTUBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 2+042.53



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
<b>0,1"</b>	<b>5.7%</b>	<b>8%</b>



*Victor Najarro*  
**Victor Najarro**  
 ESPECIALISTA LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO



*Rafael Escudero*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 RUC : 20600954173

E-mail: [vh\\_laboratorio@hotmail.com](mailto:vh_laboratorio@hotmail.com)  
 REG. INDECOPI CERTF. 95136



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>	
VH LABORATORIO E.I.R.L.		EXCAVACION : C - 01	
		NIVEL FREATICO : No se encuentra	
		UBICACIÓN : TRAMO CARRETERA PARIA - WILCAHUAIN	
TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RELACION DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL A LA SUB - RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017			
UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA - PROV. HUARAZ - ANCASH		FECHA : SEPTIEMBRE DEL 2017	
METODO DE EXCAV.: Manual		ELABORADO POR : V.H.V.N Y MARCO CABANA VALVERDE	
	CLASIFICACION	PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOS	GRAFICO	HUMEDAD (%)
			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
0.35	Re		SUELO ARENOSO CON GRAVA, SECO, DE COLOR MARRON CLARO, COMPACTO, PRESENCIA DE RESIDUOS ORGANICOS (BOLSAS); ADEMAS GRAVAS DE CARAS FRACTURADAS Y CANTO RODADO SUPERIORES A 3".  <b>S / M</b>
1.50	SC		ARENA ARCILLOSA DE BAJA PLASTICIDAD CON POCA GRAVA, HUMEDO, SEMI COMPACTO, DE COLOR MARRON CLARO. GRAVA DE CARA FRACTURADA Y CANTO MINIMO, MENORES O IGUAL A 1". CON PRESENCIA DE INSTALACIONES DE AGUA Y DESAGUE  <b>M-01</b> <b>NO SE ENCONTRO NAPA FREATICA</b>
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b> S/M: Sin muestra M-1: Muestra alterada N°1 Re : Material de relleno			

**Victor Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



**Ing. Rafael Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>	
VH LABORATORIO E.I.R.L.		EXCAVACION : C - 02	
		NIVEL FREATICO : No se encuentra	
		UBICACIÓN : TRAMO 2 CARRETERA PARIÁ - WILCAHUAIN	
TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RELACION DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL A LA SUB - RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRNSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017			
UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA - PROV. HUARAZ - ANCASH		FECHA : SEPTIEMBRE - 2017	
METODO DE EXCAV.: Manual		ELABORADO POR : V.H.V.N Y CABANA VALVERDE MARCO	
CLASIFICACION		PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOS	GRAFICO	HUMEDAD (%)
			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
0.50	Re		SUELO ARCILLO-ARENOSO, SEMI SECO, DE COLOR MARRON CLARO, SEMI COMPACTO, CON PRESENCIA DE RESIDUOS ORGANICOS (TALLOS, RAICES, HOJAS SECA); ADEMAS GRAVAS DE CARAS FRACTURADAS MAYORES A 2".  S / M
1.50	CL		8.20%  SUELO ARCILLOSO INORGANICO; MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD. HUMEDO, DE COLOR MARRON CLARO, SEMI COMPACTO, , GRAVA FRACTURADA MENOR O IGUAL A 1" Y MATERIA ORGANICA.  M-01 NO SE ENCONTRO NAPA FREATICA
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b>			
S/M: Sin muestra			
M-1: Muestra alterada N°1			
Re : Material de relleno			

Victor Hugo Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y ASFALTO  
REG. 62639



Ing. Rafael Escudero Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Teléfono : 043-426110 - RPM # 949004336  
RUC : 20600954173  
E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
REG. INDECOPI CERTF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES AREA DE MECANICA DE SUELOS		<b>ESTRATIGRAFIA</b>	
VH LABORATORIO E.I.R.L.		EXCAVACION : C - 03	
		NIVEL FREATICO : No se encuentra	
		UBICACIÓN : TRAMO 3 CARRETERA PARIA - WILCAHUAIN	
TESIS : MEJORAMIENTO DE LA RELACION DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL A LA SUB - RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRNSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017			
UBICACIÓN : DISTRITO DE INDEPENDENCIA - PROV. HUARAZ - ANCASH		FECHA : SEPTIEMBRE - 2017	
METODO DE EXCAV.: Manual		ELABORADO POR : V.H.V.N Y CABANA VALVERDE MARCO	
	CLASIFICACION	PRUEBAS DE CAMPO	
PROFUNDIDAD (m)	SIMBOLOS	GRAFICO	HUMEDAD (%)
			DESCRIPCION Y CLASIFICACION DEL MATERIAL : COLOR, HUMEDAD NATURAL, PLASTICIDAD, ESTADO NATURAL DE COMPACIDAD, FORMA DE LAS PARTICULAS, TAMAÑO MAXIMO DE PIEDRAS, PRESENCIA DE MATERIA ORGANICA, ETC.
0.40	Re		SUELO ARENOSO CON GRAVA, HUMEDO DE COLOR MARRON OSCURO COMPACTO, CON PRESENCIA DE GRAAS Y CARAS FRACTURADAS MENORES A 2" Y RESTOS DE GRASS  S / M
1.50	CL		7.80%  SUELO INORGANICO ARCILLOSO, MEZCLA DE ARENA Y ARCILLA DE BAJA PLASTICIDAD Y POCA GRAVA HUMEDO DE COLOR MARRON CLARO CON INPREGNACIONES AMARILLENTAS, COMPACTO CON PRESENTCIA DE GRAVA FRACTURADA MENOR O IGUAL A 1 1/2"  M-01 NO SE ENCONTRO NAPA FREATICA
<b>IDENTIFICACION DE MUESTRAS</b>			
S/M: Sin muestra			
M-1: Muestra alterada N°1			
Re : Material de relleno			

Victor Hugo Najarro  
 ESPECIALISTA LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 RES. 62639



Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 REG. INDECOPI CERTF. 95136





**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**  
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)  
 ASTM D 1883

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-01 ESTABILIZADA + 2% DE CAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01   PROF (m)   0.35 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+067.60

MOLDE Nº	4		5		6	
	5		5		5	
Nº DE CAPAS	56		25		10	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2097		2097		2097	
PESO DE MOLDE	4151.1		4151.1		4151.1	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8752		8413.2		8230.4	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4600.9		4262.1		4079.3	
DENSIDAD HUMEDA	2.19		2.03		1.95	
RECIPIENTE Nº	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	27.4		25.4		28.3	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	155.9		178.5		163.4	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	145.4		166.4		152.9	
PESO DE AGUA	10.5		12.1		10.5	
PESO DE SUELO SECO	118.0		141.0		124.6	
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.9		8.6		8.4	
DENSIDAD SECA	2.01		1.87		1.79	

**EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
04/11/2017	07:15 a.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08/11/2017	07:15 a.m.	96:00 hrs	12.40	0.31	0.27	20.00	0.51	0.44	35.00	0.89	0.76

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg2)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025			19.8	7		12.6	4		9.8	3
0.050			60.6	20		32.8	11		24.3	8
0.075			98.7	33		65.9	22		36.4	12
0.100	1000		129.4	43		104.5	35		61.9	21
0.150			249.7	83		158.4	53		98.6	33
0.200	1500		381.8	127		197.8	66		119.1	40
0.250			563.5	188		221.2	74		137.2	46
0.300			768.9	256		388.4	129		218.4	73
0.400			1210.9	404		554.1	185		452.6	151
0.500			1603.7	535						0

**Victor Hugo Villanueva Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
 REG. INDECABI CEBTE 05138

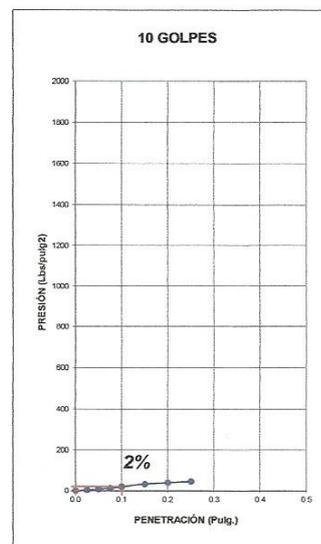
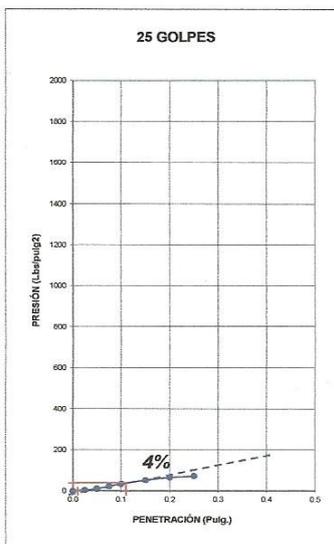
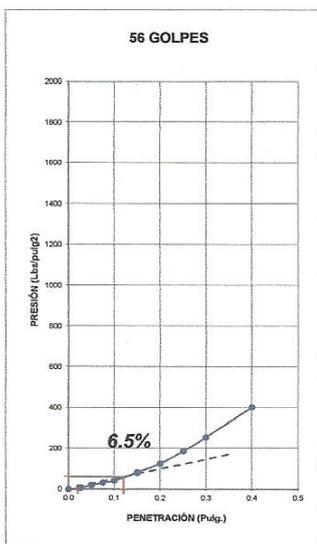


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

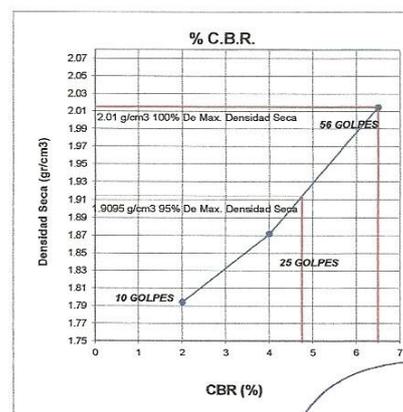
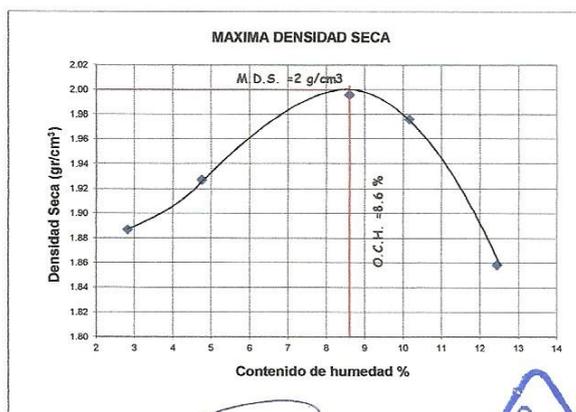
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
**ASTM D 1883**

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-01 ESTABILIZADA + 2% DE CAL		
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01	<b>PROF (m)</b>	0.35 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+067.60		



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
<b>0,1"</b>	<b>4.75%</b>	<b>6.5%</b>



*[Signature]*  
**Victor Hugo Benavente Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



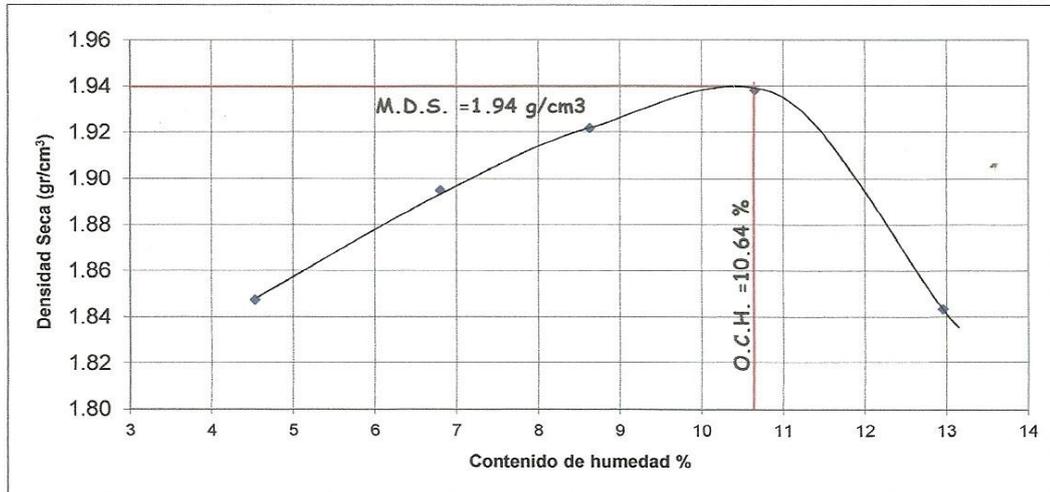
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)**  
**ASTM D 1556**

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	<b>C-01 (SC) ESTABILIZADA + 8% DECAL</b>
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-1 PROF (m) 0.35 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+067.60

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc) :	943.69	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°) :	56	Peso de Molde (gr.):	2088.6	Método :	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	3911	3998.4	4058.4	4112.3	4053.5	
PESO DEL MOLDE	Grs.	2088.6	2088.6	2088.6	2088.6	2088.6	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1822.4	1909.8	1969.8	2023.7	1964.9	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	1.93	2.02	2.09	2.14	2.08	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	8	20	21	14	16	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	164.9	196.8	162.5	156.3	150.5	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	158.9	186.0	151.9	143.9	136.2	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	26.3	27.2	29.0	28.0	25.8	
PESO DEL AGUA	Grs.	6.0	10.8	10.6	12.3	14.3	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	132.6	158.8	122.9	115.9	110.4	
HUMEDAD	%	4.5	6.8	8.62	10.6	13.0	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	1.85	1.89	1.92	1.94	1.84	



DENSIDAD MAXIMA =	1.94	HUMEDAD OPTIMA =	10.6
-------------------	------	------------------	------

*[Signature]*  
**Victor Hugo Huareza Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 RES. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)  
ASTM D 1883

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	CALICATA	C-01 (SC) ESTABILIZADA + 8% DE CAL		
LUGAR	VH LABORATORIO E.I.R.L	MUESTRA	M-01	PROF (m)	0.35 -1.50
FECHA	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	PROGRESIVA	Km 0+067.60		

MOLDE Nº	9		6		7	
	56		25		10	
Nº DE CAPAS	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2097		2097		2097	
PESO DE MOLDE	4151.1		4151.1		4051.1	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8617.9		8319.6		8203	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4466.8		4168.5		4151.9	
DENSIDAD HUMEDA	2.13		1.99		1.98	
RECIPIENTE Nº	15		6		9	
PESO DE RECIPIENTE	48.6		48.5		48.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	154.0		170.6		187.2	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	143.8		159.0		173.3	
PESO DE AGUA	10.3		11.7		13.9	
PESO DE SUELO SECO	95.2		110.5		124.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD	10.8		10.5		11.2	
DENSIDAD SECA	1.92		1.80		1.78	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/11/2017	10:00 a.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
14/11/2017	10:00 a.m.	96:00 hrs	2.00	0.05	0.04	6.00	0.15	0.13	8.00	0.20	0.17

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg2)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025			26.8	9		20.3	7		14.6	5
0.050			95.4	32		59.1	20		38.2	13
0.075			172.4	57		105.4	35		74.5	25
0.100	1000		272.3	91		169.8	57		108.7	36
0.150			454.5	152		265.7	89		142.8	48
0.200	1500		776.4	259		375.9	125		178.9	60
0.250			1103.2	368		460.6	154		200.4	67
0.300			1380.8	460		792.4	264		225.6	75
0.400			2003.9	668		997.8	333			
0.500			2560.3	853		1150.4	383			

Victor Hugo Najarro  
ESPECIALISTA EN EL LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTO  
REG. 62639



Ing. Rafael Escudero Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
REG. INDECOPI CERTIF. 95136

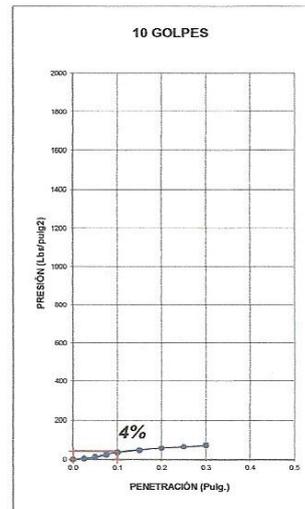
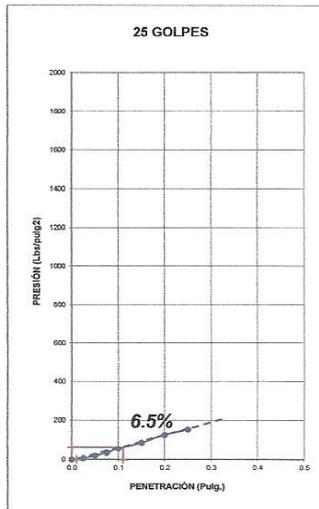
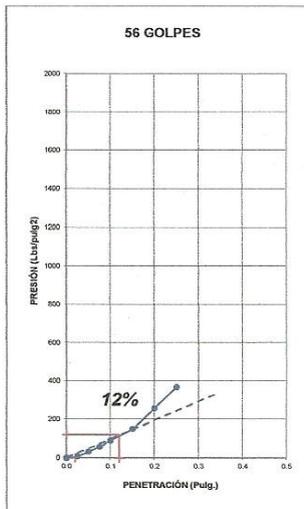


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

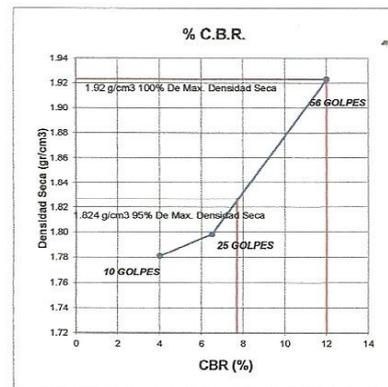
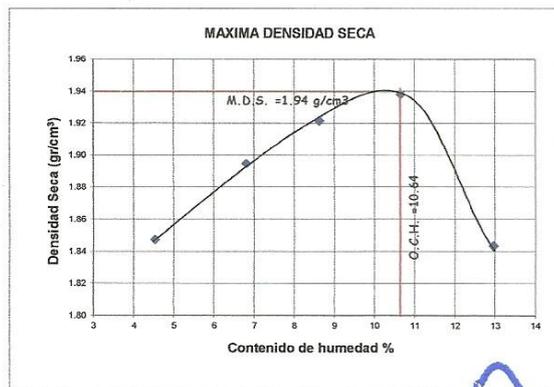
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
 ASTM D 1883

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-01 (SC) ESTABILIZADA + 8 % DE CAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L.	<b>MUESTRA</b>	M-01 PROF (m) 0.35 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 0+067.60



PENETRACION (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	7.7%	12%



*Victor Hugo Zambrana Najarro*  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



*Rafael Escudero Escudero*  
 Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

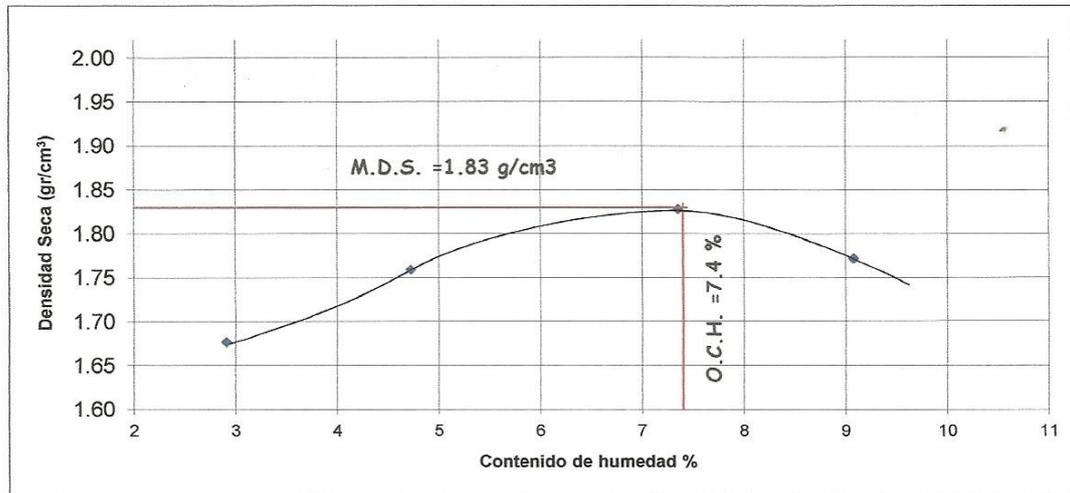
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)					
ASTM D 1556					
TESIS	:MEJORAMIENTO DE LA RELACION DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUIMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017				
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MRCO ANTONIO	CALICATA	C-03 (CL) ESTABILIZADA + 2% DE CAL		
LUGAR	: VH. LABORTORIO E.I.R.L	MUESTRA	M-01	PROF (m)	0.40 - 1.50
FECHA	HUARAZ , NOVIEMBRE 2017	PROGRESIVA	Km 2+042.53		

MOLDE Nº	1	Volumen de Molde (cc) :	943.69	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS Nº	5	Golpes (Nº) :	25	Peso de Molde (gr.):	2086	Método :	A
MUESTRA	Nº	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.s.	3715	3825	3938	3910		
PESO DEL MOLDE	Gr.s.	2086	2086	2086	2086		
PESO DEL SUELO HUMEDO	Gr.s.	1629	1739	1852	1824		
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Gr.s./c.c.	1.73	1.84	1.96	1.93		

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

RECIPIENTE	Nº	4	8	20	21		
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.s.	98.100	104.300	99.100	100.700		
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.s.	96.100	100.800	94.300	94.600		
PESO DE LA CAPSULA	Gr.s.	27.290	26.630	29.000	27.380		
PESO DEL AGUA	Gr.s.	2.000	3.500	4.800	6.100		
PESO DEL SUELO SECO	Gr.s.	68.810	74.2	65.3	67.2		
HUMEDAD	%	2.9	4.7	7.4	9.1		
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr.s./c.c.	1.68	1.76	1.83	1.77		



DENSIDAD MAXIMA = **1.83**      HUMEDAD OPTIMA = **7.4**

*[Signature]*  
**Victor Hugo Zambrano Najarro**  
 ESPECIALISTA EN EL LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)  
ASTM D 1883

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-03 (CL) ESTABILIZADA + 2% DE CAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	<b>MUESTRA</b>	M-01 PROF (m) 0.40 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 2+042.53

<b>MOLDE N°</b>	1	X	3			
<b>N° DE CAPAS</b>	5	5	5			
<b>N° DE GOLPES POR CAPA</b>	56	25	10			
<b>MUESTRA</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>	<b>SATURADA</b>	<b>SIN SATURAR</b>
<b>VOLUMEN DE MOLDE</b>	2097		2097		2097	
<b>PESO DE MOLDE</b>	4150		4150		4150	
<b>PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO</b>	8261		8098		7994	
<b>PESO DEL SUELO HUMEDO</b>	4111		3948		3844	
<b>DENSIDAD HUMEDA</b>	1.96		1.88		1.83	
<b>RECIPIENTE N°</b>	18		7		2	
<b>PESO DE RECIPIENTE</b>	28.6		28.5		28.8	
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO</b>	171.4		198.5		215.3	
<b>PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO</b>	161.1		186.7		202.3	
<b>PESO DE AGUA</b>	10.3		11.8		13.0	
<b>PESO DE SUELO SECO</b>	132.5		158.2		173.5	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	7.8		7.4		7.5	
<b>DENSIDAD SECA</b>	1.82		1.75		1.71	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/11/2017	04:30 p.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
20/11/2017	04:30 p.m.	96:00 hrs	9.00	0.23	0.20	13.00	0.33	0.28	18.40	0.47	0.40

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		0	98.5	33	0	88.30	29	0	69.6	23
0.050		0	278.3	93	0	149.77	50	0	89.8	30
0.075		0	416.2	139	0	226.00	75	0	102.3	34
0.100	1000	0	537.7	179	0	264.00	88	0	112.6	38
0.150		0	743.5	248	0	346.00	115	0	127.4	42
0.200	1500	0	976.4	325	0	448.40	149	0	138.7	46
0.250		0	1175.3	392	0	535.70	179	0	146.5	49
0.300		0	1393.2	464	0	632.30	211	0	154.3	51
0.400					0	997.80	333	0	175.6	59
0.500										

Victor Manuel Manuella Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTO  
REG. 62639



Ing. Rafael Escudero Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Teléfono : 043-426110 - RPM # 949004336  
RUC : 20600954173  
E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
REG. INDECOPI CERTIF. 95136

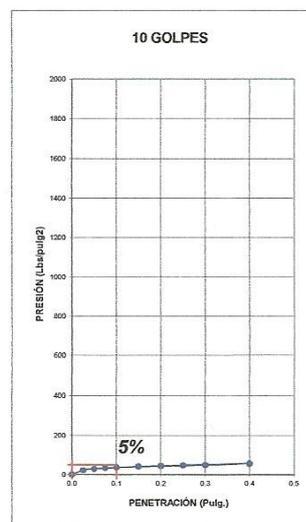
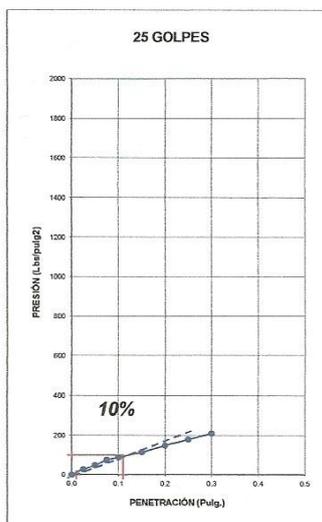
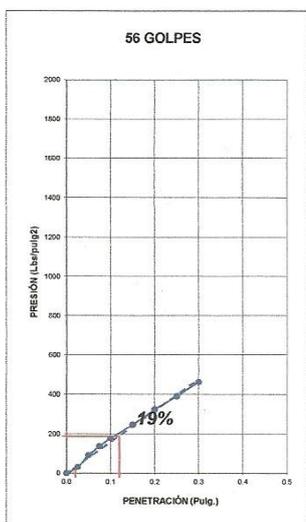


**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

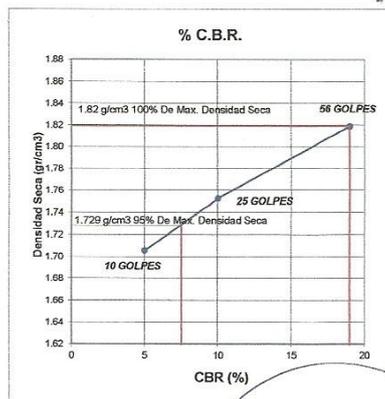
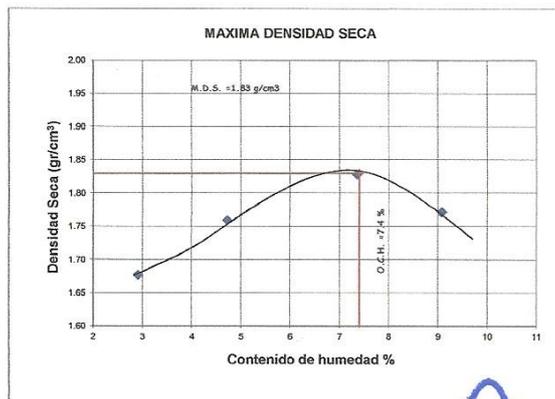
**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**  
**ASTM D 1883**

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIÁ - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	<b>CALICATA</b>	C-03 (CL) ESTABILIZADA + 2% DE CAL
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L.	<b>MUESTRA</b>	M - 01 <i>PROF (m)</i> 0.40 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	<b>PROGRESIVA</b>	Km 2+042.53



<b>PENETRACION (PULG.)</b>	<b>C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA</b>	<b>C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA</b>
<b>0,1"</b>	<b>7.5%</b>	<b>19%</b>



*[Signature]*  
**Victor Hugo Manuella Najarro**  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



*[Signature]*  
**Ing. Rafael Escudero Escudero**  
 Ingeniero Civil  
 CIP Nº 65955



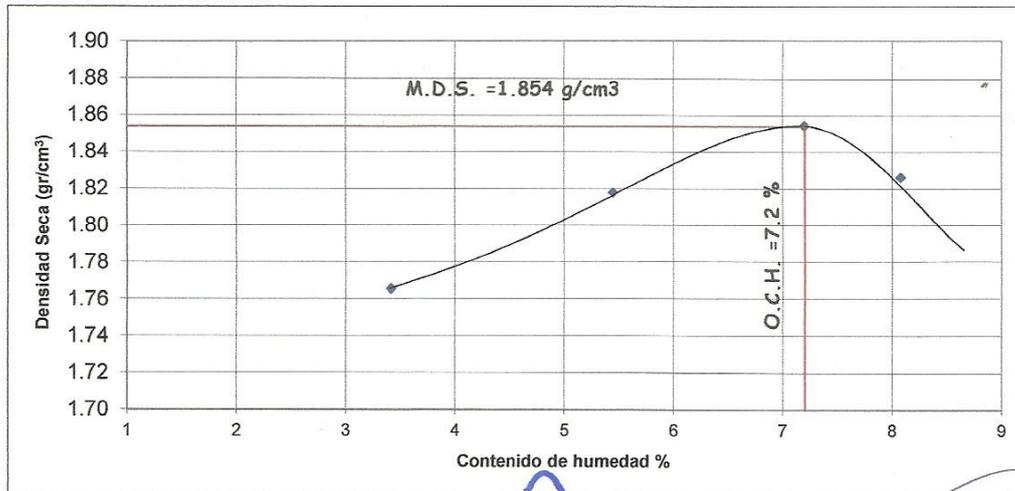
**LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO**  
**SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD**  
**ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION**

**ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)**  
**ASTM D 1556**

<b>TESIS</b>	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
<b>ELABORADO POR</b>	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	CALICATA	<b>C-03 (CL) ESATBILIZADA + 4% DE CAL</b>		
<b>LUGAR</b>	VH LABORATORIO E.I.R.L	MUESTRA	M-01	PROF (m)	0.40 - 1.50
<b>FECHA</b>	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	PROGRESIVA	Km 2+042.53		

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc) :	943.69	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°) :	56	Peso de Molde (gr.) :	2086	Método :	C
MUESTRA	N°	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	3809.1	3895	3962	3948.7		
PESO DEL MOLDE	Grs.	2086	2086	2086	2086		
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1723.1	1809	1876	1862.7		
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	1.83	1.92	1.99	1.97		
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	1	2	3	4		
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	172.4	158.0	164.8	172.0		
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	168.3	152.4	157.0	162.8		
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	48.2	49.5	48.6	48.9		
PESO DEL AGUA	Grs.	4.1	5.6	7.8	9.2		
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	120.1	102.9	108.4	113.9		
HUMEDAD	%	3.4	5.4	7.2	8.1		
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	1.77	1.82	1.85	1.83		



DENSIDAD MAXIMA = 1.854      HUMEDAD OPTIMA = 7.2

**Victor Nájara**
  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS
   
 CONCRETO Y PAVIMENTO
   
 CIP N° 65955

**Ing. Rafael Escudero Escudero**
  
 Ingeniero Civil
   
 CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
 Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338  
 RUC : 20600954173

E-mail: [vh\\_laboratorio@hotmail.com](mailto:vh_laboratorio@hotmail.com)  
 REG. INDECOPI CERTF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)  
ASTM D 1883

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"		
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	CALICATA	C-03 (CL) ESATBILIZADA + 4% DE CAL
LUGAR	VH LABORATORIO E.I.R.L	MUESTRA	M-01 PRF (m) 0.40 - 1.50
FECHA	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	PROGRESIVA	Km 2+042.53

MOLDE Nº	1		X		3	
Nº DE CAPAS	5		5		5	
Nº DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2097		2097		2097	
PESO DE MOLDE	4150		4150		4150	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	8334		8126.4		8030.9	
PESO DEL SUELO HUMEDO	4184		3976.4		3880.9	
DENSIDAD HUMEDA	2.00		1.90		1.85	
RECIPIENTE Nº	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	48.6		48.5		48.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	242.8		200.9		193.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	229.6		190.9		183.3	
PESO DE AGUA	13.2		10.0		9.7	
PESO DE SUELO SECO	181.0		142.4		134.5	
CONTENIDO DE HUMEDAD	7.3		7.0		7.2	
DENSIDAD SECA	1.86		1.77		1.73	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
24/11/2017	08:00 a.m.	0:00 hrs	0	0	0	0	0	0	0	0	0
28/11/2017	08:00 a.m.	96:00 hrs	1.00	0.03	0.02	6.50	0.17	0.14	10.00	0.25	0.22

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		11	163.7	55	10	153.7	51	2	74.4	25
0.050		26	312.3	104	22	272.7	91	5	104.2	35
0.075		40	451.1	150	35	401.5	134	8	133.9	45
0.100	1000	61	659.2	220	46	510.6	170	10	153.7	51
0.150		105	1095.4	365	69	738.5	246	17	223.1	74
0.200	1500	162	1660.3	553	84	887.2	296	25	302.4	101
0.250		220	2235.2	745	102	1065.6	355	35	401.5	134
0.300		272	2750.6	917	114	1184.6	395	46	510.6	170
0.400		361	3632.7	1211	142	1462.1	487	72	768.3	256
0.500										

Victor Hugo Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTO  
REG. 62639



Rafael Escudero Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP Nº 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos

Telefono : 043-426110 - RPM # 949004338

RUC : 20600954173

E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com

REG. INDECOPI CERTF. 95136



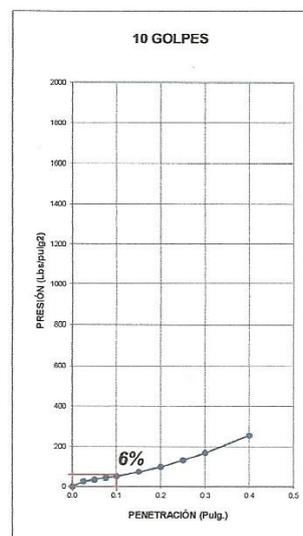
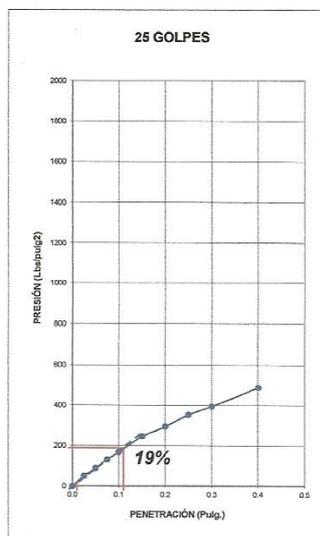
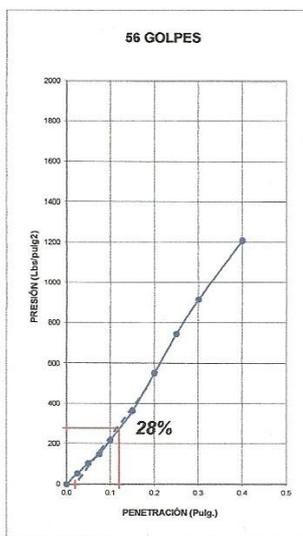
LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

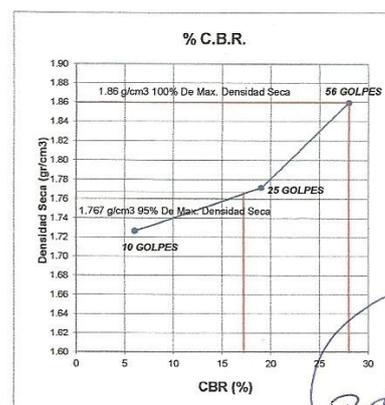
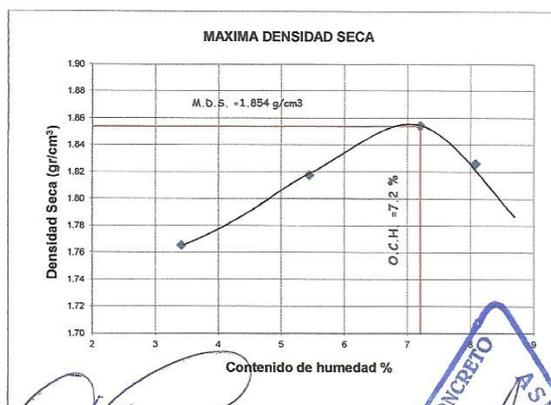
ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)  
ASTM D 1883

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARRA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"				
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO	CALICATA	C-03 (CL) ESTABILIZADA + 4% DE CAL		
LUGAR	VH LABORATORIO E.I.R.L	MUESTRA	M-01	PROF (m)	0.40 - 1.50
FECHA	HUARAZ, NOVIEMBRE 2017	PROGRESIVA	Km 2+042.53		



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	17.2%	28%



Victor Hugo Villanueva Najarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTO  
RUC: 62639



Ing. Rafael Alejandro Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP N° 65955

Urb. San Miguel de Chicney S/N Independencia - Huaraz / Jr. Progreso 660 - San Marcos  
Teléfono : 043-426110 - RPM # 949004338  
E-mail: vh\_laboratorio@hotmail.com  
RUC : 20600954173  
REG. INDECOPI CERTIF. 95136



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO  
 SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
 ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE SUELOS  
 ENSAYO DE EADES Y GRIM PARA DETERMINAR LA PROPORCION SUELO - CAL REQUERIDA PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUB - RASANTE DE LA CARRETERA PARIA - WILCAHUAIN

ASTM D-6276

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	OCTUBRE - 2017

ANÁLISIS DEL PH CON LA CAL HIDRATADA BAJO ESPECIFICACIÓN ASTM C-977

MUESTRA	SC
ARENA ARCILLOSA	

MUESTRA	TIPO DE SUELO	% DE CAL	PESO DEL SUELO (gr)	PESO DE CAL (gr)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	PH
1	SC	1%	25	0.25	100 ml	7.98
2	SC	2%	25	0.50	100 ml	9.80
3	SC	3%	25	0.75	100 ml	10.93
4	SC	4%	25	1.00	100 ml	11.64
5	SC	5%	25	1.25	100 ml	12.04
6	SC	6%	25	1.50	100 ml	12.23
7	SC	7%	25	1.75	100 ml	12.30
8	SC	8%	25	2.00	100 ml	12.32

Observacion Etabilizar el suelo con 8 % de cal

  
 Victor Pineda Manuella Najarro  
 ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
 CONCRETO Y PAVIMENTO  
 REG. 62639



  
 Ing. Rafael Escudero Escudero  
 Ingeniero Civil  
 CIP N° 65955



LABORATORIO DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

SERVICIO DE ENSAYO DE MATERIALES Y CONTROL DE CALIDAD  
ALQUILER DE EQUIPOS PARA LA CONSTRUCCION

ASESORAMIENTO Y SUPERVISION DE OBRAS EN CAMPO

LABORATORIO DE SUELOS

ENSAYO DE EADES Y GRIM PARA DETERMINAR LA PROPORCION SUELO - CAL REQUERIDA PARA LA ESTABILIZACION DE LA SUB - RASANTE DE LA CARRETERA PARIA - WILCAHUAIN

ASTM D-6276

TESIS	"MEJORAMIENTO DE LA REALACIÓN DE SOPORTE (CBR) AL ADICIONAR EL ESTABILIZANTE QUÍMICO CAL A LA SUB-RASANTE DE LA CARRETERA NO PAVIMENTADA DE BAJO TRANSITO PARIA - WILCAHUAIN, HUARAZ, 2017"
ELABORADO POR	CABANA VALVERDE MARCO ANTONIO
LUGAR	VH. LABORATORIO. E.I.R.L
FECHA	OCTUBRE - 2017

ANÁLISIS DEL PH CON LA CAL HIDRATADA BAJO ESPECIFICACIÓN ASTM C-977

MUESTRA	CL
ARCILLA INORGANICA	

MUESTRA	TIPO DE SUELO	% DE CAL	PESO DEL SUELO (gr)	PESO DE CAL (gr)	CANTIDAD DE AGUA (ml)	PH
1	CL	1%	25	0.25	100 ml	8.21
2	CL	2%	25	0.50	100 ml	10.96
3	CL	3%	25	0.75	100 ml	12.10
4	CL	4%	25	1.00	100 ml	12.38
5	CL	5%	25	1.25	100 ml	12.42
6	CL	6%	25	1.50	100 ml	12.50
7	CL	7%	25	1.75	100 ml	12.55
8	CL	8%	25	2.00	100 ml	12.55

Observacion Etabilizar el suelo con 4 % de cal

  
Victor Hugo Rosameya Nafarro  
ESPECIALISTA EN LABORATORIO DE SUELOS  
CONCRETO Y PAVIMENTO  
REG. 62699



  
Ing. Rafael Escudero Escudero  
Ingeniero Civil  
CIP N° 65955

### ANEXO N° 3 ESTUDIO DE TRÁFICO DE LA CARRETERA PARIA – WILCAHUAIN

Tabla 60 Calculo del IMDS de la Carretera No Pavimentada PARIA – WILCAHUAIN

TRAMO DE LA CARRETERA			CARRETERA PARIA - WILCAHUAIN , ( TRAMO SIERRA HERMOSA - CP. CURHUAZ)									
SENTIDO			AMBOS SENTIDOS							← E		S →
UBICACIÓN												
DIA / FECHA	AUTO	STATION WAGON	CAMIONETAS			MICRO	BUS		CAMION			TOTAL
			PICK UP	PANEL	RURAL Combi		2 E	>=3 E	2 E	3 E	4 E	
												
LUNES / 25/09/2017	23	35	10	3	50	0	2	0	2	1	0	126
MARTES / 26/09/2017	17	29	12	0	39	0	1	0	8	1	0	107
MIERCOLES / 27/07/2017	32	23	10	1	35	0	1	0	4	0	0	106
JUEVES / 28/09/2017	20	24	13	2	32	0	1	0	6	2	0	100
VIERNES / 29/09/2017	12	27	12	1	28	0	1	0	11	2	0	94
SABADO 30/09/2017	26	20	14	2	26	0	3	0	9	1	0	101
DOMINGO / 01/10/2017	15	27	9	2	31	0	2	0	10	0	0	96
<b>TOTAL IMDS</b>	<b>21</b>	<b>26</b>	<b>11</b>	<b>2</b>	<b>34</b>	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>7</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>104</b>

Tabla 61 Calculo del IMDA de la Carretera no Pavimentada PARIA - WILCAHUAIN

<b>TIPO DE VEHICULO</b>	<b>IMDS</b>	<b>(%)</b>	<b>FCE</b>	<b>IMDA</b>	<b>(%)</b>
AUTOMOVILES	21	19.86%	0.979907	20	19.83%
STATION VAGON	26	25.34%	0.979907	26	25.30%
PICK UP	11	10.96%	0.979907	11	10.94%
PANEL	2	1.51%	0.979907	2	1.50%
RURAL COMBI	34	33.01%	0.979907	34	32.96%
BUS 2E	2	1.51%	0.998365	2	1.53%
CAMION DE 2E	7	6.85%	0.998365	7	6.97%
CAMION DE 3E	1	0.96%	0.998365	1	0.98%
<b>TOTAL</b>	104	100.00%		<b>102</b>	100.00%

## ANEXO N° 4 PANEL FOTOGRAFICO



Figura 30 Situación Actual de la carretera Paria - wilchuain , Presencia de deterioros a lo largo del tramo, falta de sistema de drenaje



Aquel trabajo de campo nos sirvió para definir los puntos exactos de corte, donde se llevarían las exploraciones por medio de las calcitas

Figura 31 Levantamiento Topográfico de la Carretera PARIA - WILCAHUAIN



Aquel trabajo de campo nos sirvió para definir la cantidad de calicatas a definir

Figura 32 Estudio de Trafico de la Carretera PARIA - WILCAHUAIN

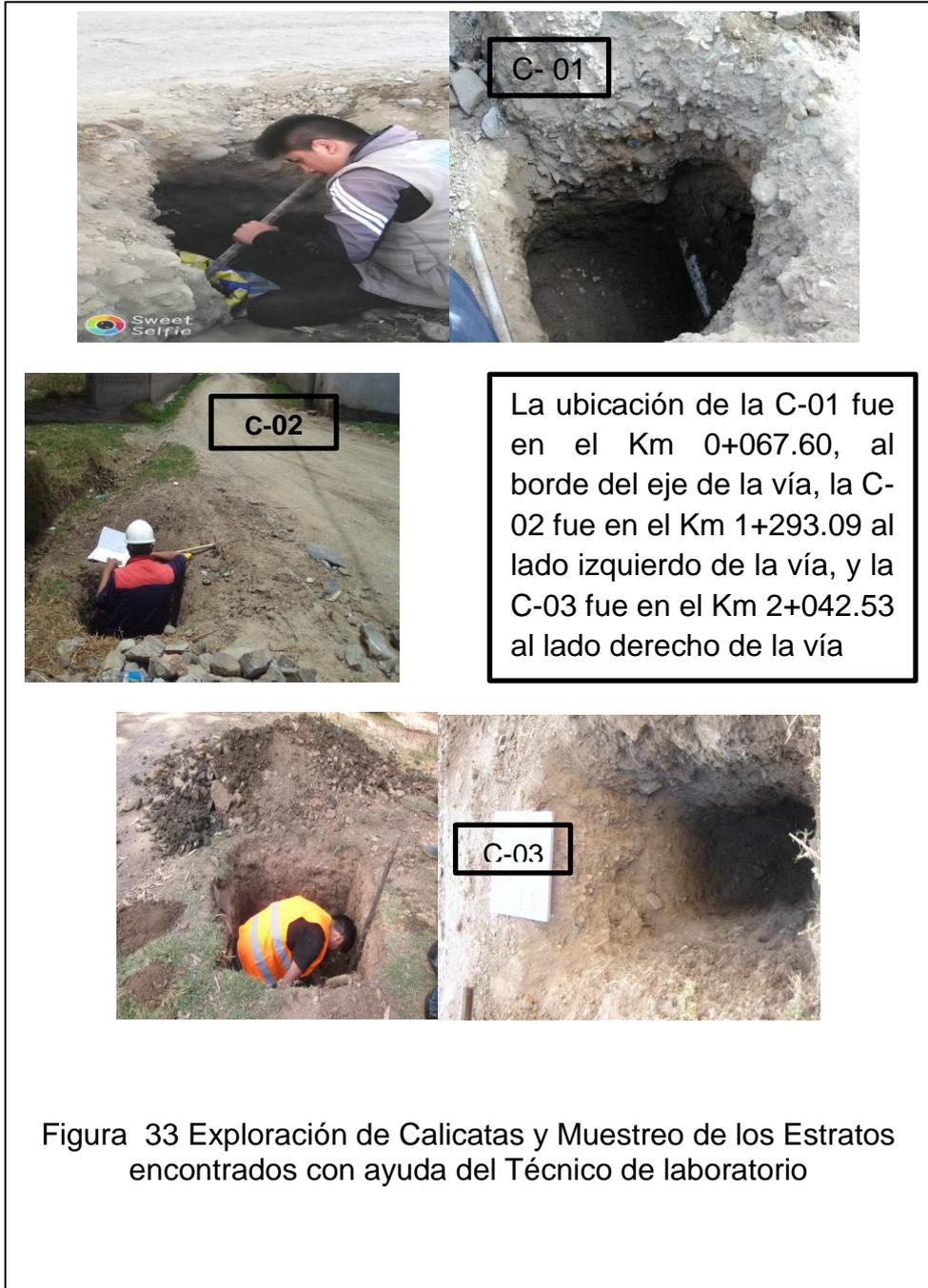




Figura 34 Ejecución del Ensayo de Contenido de Humedad



Figura 35 Ejecución del Ensayo de Granulometría



Figura 36 Ejecución del Ensayo de Limite Liquido en la copa de Casagrande

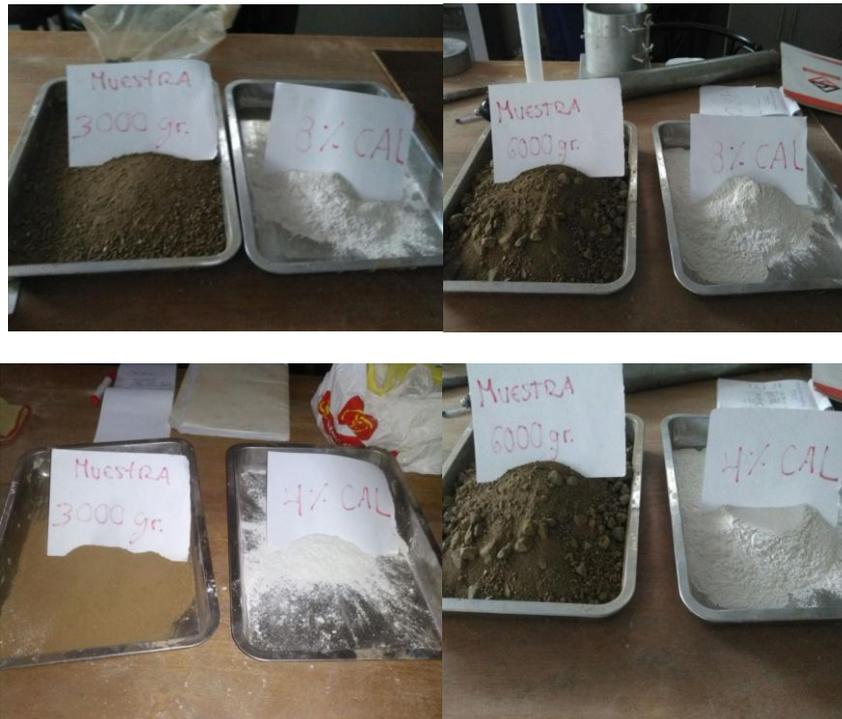


Figura 37 Ejecución del Ensayo de Limite Plástico



De las mezclas de suelo +% de cal + agua destilada, se pasó a determinar el pH de los suelos SC Y CL por medio de los instrumentos del papel tornasol y el pH metro. La cual este ensayo nos indicara la cantidad optima de cal estabilizante para cada muestra

Figura 38 Determinación del PH, para obtener la cantidad optima de cal estabilizante



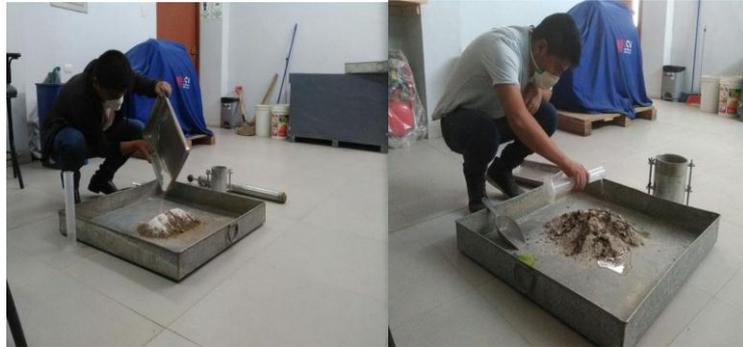
Del estabilizante empleado se procede a realizar la dosificación de suelo – cal, dependiendo al peso de la muestra con la cual se hará el ensayo de las especificaciones del MTC

Figura 39 Preparación de mezclas suelo - cal para los ensayos de Proctor Modificado y CBR



Se realiza el Proceso de compactación de cada una de las muestras para posteriormente determinar la Máxima Densidad Seca y el Optimo Contenido de Humedad, datos que van a servir para el Cálculo del CBR

Figura 40 Ejecución del Ensayo Proctor Modificado (Método A) realizados a la Muestra patrón y a la Muestra suelo-cal



Con la dosificación exacta de suelo – cal y el O.C.H obtenido del ensayo Proctor modificado, se realiza la compactación de CBR en la aplicación de 10, 25 y 56 golpes del matillo mecánica en 5 capas, este mismo proceso para las dos muestras diferentes

Figura 41 Ejecución del Ensayo de Compactación CBR a las Muestras CL Y SC en estado natural y mezcla suelo-cal



Después de ejecutar el ensayo de Compactación CBR se emplean los discos con un peso total de 4.5 kg, para luego ser sumergidos por 4 días tomando lectura de expansión por medio del dial cada 24 hrs.

Figura 42 Determinación de la expansión de cada muestra

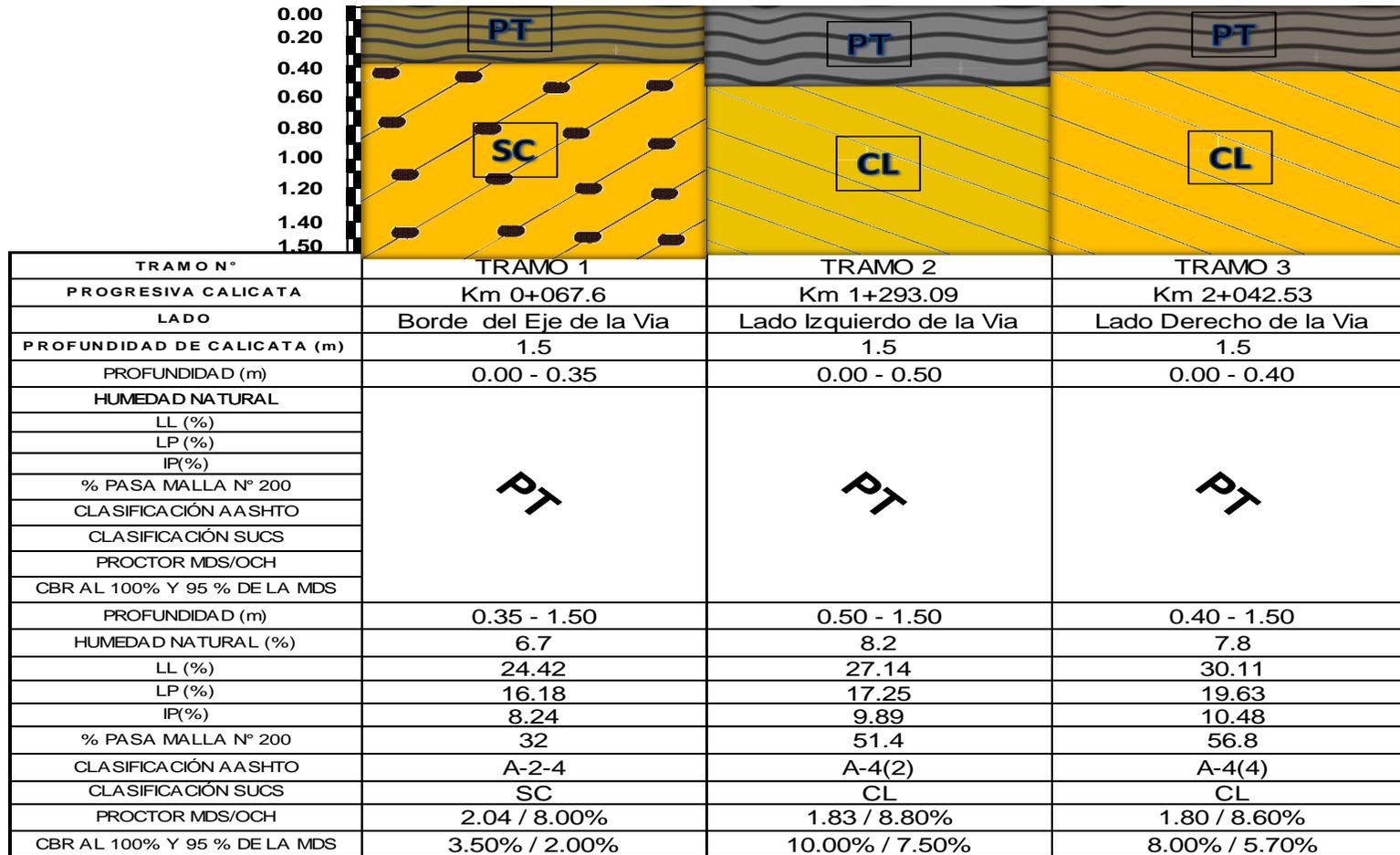


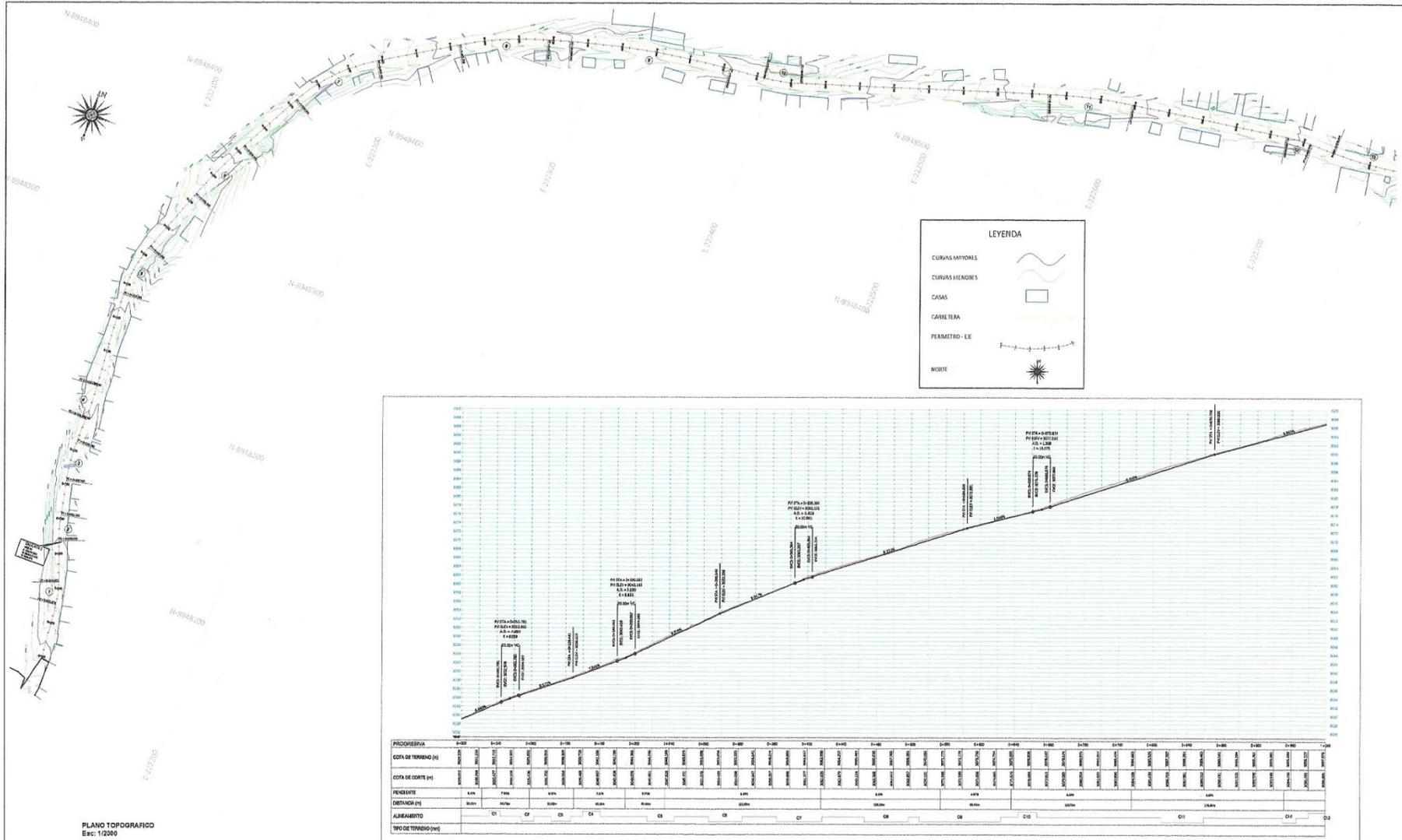
Después de tomar las lecturas de hinchamiento, la muestra de suelo más el molde son retirados del agua e inmediatamente es llevada a la máquina de CBR para ser ensayada y determinar su resistencia final

Figura 43 Ejecución del Ensayo Penetración CBR

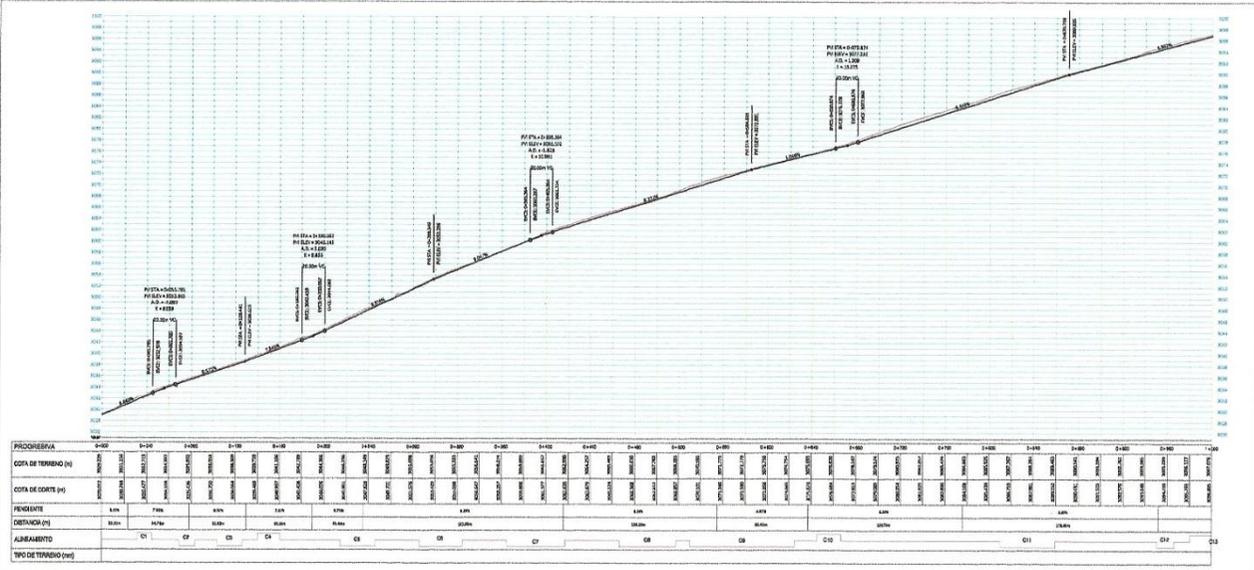
## ANEXO 5 PERFIL ESTRATIGRAFICO Y PLANOS

### PERFIL ESTRATIGRAFICO





PLANO TOPOGRAFICO  
Esc: 1:2000



PERFIL LONGITUDINAL  
Esc: H: 1/2000 V: 1/200

CUADRO DE CURVAS HORIZONTALES										
G°	Disten	TANG	RADIO	L.C.	BM	P.C.	P.T.	BITE	NORTE	
1	102° 47' 37"	1.501	65.000	13.048	6.028	31.378	38.742	64.821	22113.322	845056.947
2	108° 12' 25"	3.389	200.000	54.705	0.271	86.338	79.741	83.100	221103.474	845118.418
3	108° 12' 25"	18.873	200.000	23.039	0.267	120.553	114.678	120.026	220990.371	845155.261
4	120° 48' 57"	18.154	200.000	20.295	0.299	139.812	133.098	130.271	220979.872	845189.092
5	120° 48' 57"	38.750	18.000	23.002	1.379	214.449	230.268	233.439	220986.702	845229.077
6	108° 12' 25"	18.000	200.000	54.705	0.271	259.695	254.549	252.158	221115.881	845268.778
7	108° 12' 25"	22.000	200.000	54.826	0.407	284.310	279.859	277.491	221071.618	845310.113
8	108° 12' 25"	26.000	200.000	55.071	1.493	458.770	451.821	451.811	221244.457	845347.192
9	108° 12' 25"	27.123	200.000	55.073	3.218	630.911	623.708	624.614	221282.857	845393.618
10	120° 48' 57"	38.860	178.000	21.707	0.309	814.490	808.320	808.020	221420.141	845467.802

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO		PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LA RELACION DE SOPORTE (CMI) AL ADICIONAL EL SERVICIO DE SANEAMIENTO S.C. A LA ZONA URBANA DE LA CARRANDELA PAVIMENTADA DE BAJO TRAFICO PARA EL CANTON MARIANA, 2017	FECHA: 18/03/2018
FECHA:	AUTOR: ING. ESTEBAN RAMA VILLALBA	UBICACION: PERU, LIMA, DISTRITO DE SAN JUAN DE LIMA	ESCALA:
FECHA:	FECHA:	FECHA:	FECHA:
REVISADO:	REVISADO:	REVISADO:	REVISADO:
			<b>PL-1</b>

