



Universidad  
Continental

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil

Tesis

# **Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado**

para optar el Título Profesional de  
Ingeniero Civil

**Cristopher Emerson Lapa Ramos**

Huancayo, 2018



Repositorio Institucional Continental  
Tesis digital



Obra protegida bajo la licencia de [Creative Commons Atribución-NoComercial-SinDerivadas 2.5 Perú](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/2.5/peru/)

## **AGRADECIMIENTO**

El presente trabajo de tesis me gustaría agradecer a ti dios, porque hiciste realidad en sueño anhelado. A la UNIVERSIDAD CONTINENTAL por darme la oportunidad de estudiar y ser un profesional. A mi asesor de tesis Ing. AUGUSTO GARCIA CORZO por el asesoramiento el sacrificio y esfuerzo, quien, con sus conocimientos, su experiencia y su motivación ha logrado en mi culminar satisfactoriamente mi tesis con éxito. También me gustaría agradecer a mis profesores durante toda mi carrera profesional porque todos han aportado en mi formación académica

## **DEDICATORIA**

A Dios por ser mi guía en cada paso de mi vida, A mi querida familia en especial a mi madre MAGNA por el gran amor y el apoyo incondicional para triunfar honestamente en la vida. A mi padre DARIO por todo el esfuerzo y sacrificio para sacarme adelante y ser mi ejemplo a seguir, a mis hermanos WAGNHER, FRESIA, EDWARD, ESTEFANY, por su consejos y paciencia y a mis pequeños sobrinos por darme mucha felicidad.

## RESUMEN

La presente investigación propone la alternativa de uso de caucho reciclado con el fin de mejorar el diseño de la mezcla para pavimento a nivel de base granular del material de la planta de Chupuro , con el propósito predominante de estabilizar la base del material estudiado , para así minimizar el deterioro del pavimento causado por cargas de tránsito y los permanentes y continuos mantenimientos que en la actualidad se vienen dando a los pavimentos , es por ello que se analizó la incidencia el material en el valor de CBR .

El objetivo de esta investigación es darle uso al caucho reciclado obtenido de los neumáticos, cámaras de bicicletas, recortándolos de manera manual y rustica en pequeñas dimensiones de tamaño de una fibra para facilitar su posterior incorporación en el material de la base granular en pavimentos.

Para determinar la dosificación adecuada de fibra caucho reciclado, se realizaron ensayos de CBR, para encontrar la dosificación óptima en porcentaje y el material adecuado para la estabilización. Para ello, se realizaron 36 ensayos CBR sobre la muestra patrón, variando el porcentaje de fibra de caucho reciclado con respecto al peso seco del suelo y las dimensiones de los polímeros. Los ensayos realizados fueron según los porcentajes de 0.5% ,1.0% ,1.5% ,2.0% ,2.5% ,3.0% ,3.5% y 4.0% sobre la muestra de 6.0 kilogramos.

Los datos de la muestra patrón se obtuvieron a través de los ensayos generales que la normativa indica como principales y necesarios tales como granulometría, límites de Atterberg, Proctor y CBR con el material que se obtuvo de la localidad de Chupuro siendo esta la forma de contar con datos reales para poder comparar las resistencias entre el material sin adición de caucho reciclado y con el material, antes mencionado, adicionado en la muestra.

Finalmente, se proponer una opción para estabilizar la base granular, sin gastos significativos en el diseño propuesto y este óptimo diseño repercute en la resistencia del material y así evitar los gastos y problemas anteriormente mencionados.

**Palabras clave:** Incidencia del caucho reciclado, Valor de CBR, Estabilización de la base granular.

## **ABSTRACT**

The present investigation proposes the alternative use of recycled rubber in order to improve the design of the mixture for pavement at the granular base level of the material of the Chupuro plant, with the predominant purpose of stabilizing the base of the material studied, so minimize the deterioration of the pavement caused by traffic loads and the permanent and continuous maintenance that is currently being given to the pavements, that is why the impact of the material on the CBR value was analyzed.

The objective of this research is to use recycled rubber obtained from tires, bicycle chambers, manually and rustically cutting them into small fiber-sized dimensions to facilitate their subsequent incorporation into the material of the granular base in pavements.

To determine the proper dosage of recycled rubber fiber, CBR tests were carried out, to find the optimal dosage in percentage and the material suitable for stabilization. For this, 36 CBR tests were carried out on the standard sample, varying the percentage of recycled rubber fiber with respect to the dry weight of the soil and the dimensions of the polymers. The tests carried out were according to the percentages of 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%, 3.0%, 3.5% and 4.0% on the sample of 6.0 kilograms.

The data of the standard sample was obtained through the general tests that the regulation indicates as main and necessary such as granulometry, limits of Atterberg, Proctor and CBR with the material that was obtained from the locality of Chupuro being this the way to tell with real data to be able to compare the resistances between the material without the addition of recycled rubber and with the aforementioned material added to the sample.

Finally, we propose an option to stabilize the granular base, without significant costs in the proposed design and this optimal design will have an impact on the resistance of the material and thus avoid the expenses and problems previously mentioned.

**Key words:** Incidence of recycled rubber, CBR value, Stabilization of granular base.

## INDICE

AGRADECIMIENTO.....	I
DEDICATORIA.....	II
RESUMEN.....	III
ABSTRACT.....	V
INDICE.....	VII
LISTA DE TABLAS.....	XII
LISTA DE FIGURAS.....	XVIII
INTRODUCCION.....	1
CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO.....	1
1.1. Planteamiento Del Problema.....	3
1.2. Formulación Del Problema.....	4
1.2.1. Problema General.....	4
1.2.2. Problema Específico.....	5
1.3. Objetivos.....	5
1.3.1. Objetivo General.....	5
1.3.2. Objetivo Especifico.....	5
1.4. Justificación.....	5
1.4.1. Justificación practica.....	6
1.4.2. Justificación metodológica.....	6
1.4.3. Justificación teórica.....	7

1.5.	Formulación De La Hipótesis.....	7
1.5.1.	Hipótesis General .....	7
1.5.2.	Hipótesis Específica .....	7
1.6.	Variables.....	7
1.6.1.	Variable Dependiente .....	8
1.6.2.	Variable Independiente .....	8
CAPITULO II: MARCO TEORICO .....		9
2.1.	Antecedentes Del Problema.....	9
2.1.1.	Antecedente Internacional.....	9
2.1.2.	Antecedente Nacional .....	10
2.2.	BASES TEORICAS .....	10
2.2.1.	Suelo.....	10
2.2.2.	Origen Y Formación De Los Suelos .....	10
2.2.3.	Propiedades De Los Suelos .....	12
2.2.4.	Tipos De Suelos .....	18
2.2.5.	Clasificación De Suelos .....	20
2.2.6.	Base .....	24
2.2.7.	Subbase.....	25
2.2.8.	Funciones De La Capa Granular -Pavimento Flexible.....	26
2.2.9.	Factores Importantes Para Un Diseño De Pavimentos.....	26
2.2.10.	Estabilización De Suelos .....	29

2.2.11.	Caucho .....	43
2.2.12.	Ensayos De Laboratorio .....	47
CAPITULO III: METODOLOGIA .....		59
3.1.	Método General: Método Científico Y Metodología .....	59
3.2.	Método Aplicado .....	59
3.3.	Población Y Muestra .....	59
3.4.	Muestra .....	60
3.5.	Técnica E Instrumentos De Recolección De Datos .....	60
3.6.	Procedimiento Metodológico .....	61
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION.....		63
4.1.	Obtención De Las Propiedades Física Mecánicas Del Material De La Cantera .....	63
4.1.1.	Análisis Granulométrico Por Tamizado .....	63
4.1.2.	Determinación De Límite Líquido, Límite Plástico E Índice Plástico.....	65
4.1.3.	Proctor Modificado .....	66
4.1.4.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón .....	70
4.2.	Análisis De Adición De 0.5% De Caucho Reciclado.....	77
4.2.1.	Proctor Modificado .....	77
4.2.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 0.5% Caucho. ....	80
4.3.	Análisis De Adición De 1.0% De Caucho Reciclado.....	87
4.3.1.	Proctor Modificado .....	87
4.3.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 1% Caucho .....	91

4.4.	Análisis De Adición De 1.5% De Caucho Reciclado.....	98
4.4.1.	Proctor Modificado .....	98
4.4.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 1.5% Caucho .....	102
4.6.	Análisis De Adición De 2.0% De Caucho Reciclado.....	109
4.6.1.	Proctor Modificado .....	109
4.6.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 2% Caucho .....	112
4.7.	Análisis De Adición De 2.5% De Caucho Reciclado.....	119
4.7.1.	Proctor Modificado .....	119
4.7.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 2.5% .....	123
4.8.	Análisis De Adición De 3.0% De Caucho Reciclado.....	129
4.8.1.	Proctor Modificado .....	129
4.8.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 3% Caucho .....	133
4.9.	Análisis De Adición De 3.5% De Caucho Reciclado.....	139
4.9.1.	Proctor Modificado .....	139
4.9.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 3.5% .....	143
4.10.	Análisis De Adición De 4.0% De Caucho Reciclado .....	150
4.10.1.	Proctor Modificado.....	150
4.10.2.	Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 4% Caucho.....	153
4.11.	Resumen Y Análisis De Resultados Obtenidos .....	160
4.12.	Análisis del coeficiente estructural .....	165
4.13.	Análisis de Espesor de Capa .....	168

4.14.	Análisis de Costos.....	171
4.15.	Análisis Estadístico De Resultados.....	174
CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....		206
5.1.	CONCLUSIONES.....	206
5.2.	RECOMENDACIONES .....	207
REFERENCIA BIBLIOGRAFICA .....		209
ANEXOS.....		212
CERTIFICADOS DE ENSAYOS .....		212

## LISTA DE TABLAS

Tabla 1 Denominaciones de la compacidad (Braja Das, 2001)	15
Tabla 2: Propiedades y ensayos de los suelos de mayor uso en ingeniería de pavimentos.	15
Tabla 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos desde el punto de vista de la Ingeniería título D-2487 de la ASTM.	21
Tabla 4: Propiedades fundamentales de las capas granulares	28
Tabla 5: Guía Referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 1)	33
Tabla 6 Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 2)	36
Tabla 7: Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento.	40
Tabla 8 2017 flujo vehicular ligero - Pesado	46
Tabla 9 Desechos de Neumaticos Junin	46
Tabla 10: Métodos Proctor Modificado	54
Tabla 11 Análisis Granulométrico - Base Granular	63
Tabla 12: Resumen granulométrico	64
Tabla 13: Porcentajes De Retenidos Según Material	64
Tabla 14: Clasificación del suelo.	64
Tabla 15: Limite Plástico y Limite Líquido	65
Tabla 16: Constantes Físicas	66
Tabla 17: Proctor Modificado primer ensayo	66
Tabla 18: Proctor Modificado segundo ensayo	67
Tabla 19: Proctor Modificado tercer ensayo	68
Tabla 20: resultados primer ensayo	69
Tabla 21: resultados segundo ensayo	69
Tabla 22: resultados tercer ensayo	69
Tabla 23: CBR primer ensayo	70
Tabla 24: CBR segundo ensayo	72
Tabla 25: CBR Tercer ensayo	75
Tabla 26: Tabla de expansión	77

Tabla 27: Resultados CBR Primer ensayo _____	77
Tabla 28: Resultados CBR segundo ensayo _____	77
Tabla 29: Resultados CBR tercer ensayo _____	77
Tabla 30: Proctor Modificado 0.5 % primer ensayo _____	77
Tabla 31: Proctor Modificado 0.5 % segundo ensayo _____	78
Tabla 32: Proctor Modificado 0.5 % tercer ensayo _____	78
Tabla 33: resultados primer ensayo – 0.5% _____	80
Tabla 34: resultados segundo ensayo – 0.5% _____	80
Tabla 35: resultados tercer ensayo - 0.5% _____	80
Tabla 36: CBR primer ensayo – 0.5% _____	80
Tabla 37: CBR segundo ensayo – 0.5% _____	83
Tabla 38: CBR Tercer ensayo – 0.5% _____	85
Tabla 39: Tabla de expansión – 0.5% _____	87
Tabla 40: Resultados CBR Primer ensayo – 0.5% _____	87
Tabla 41: Resultados CBR segundo ensayo – 0.5% _____	87
Tabla 42: Resultados CBR tercer ensayo – 0.5% _____	87
Tabla 43: Proctor Modificado 1 % primer ensayo _____	87
Tabla 44: Proctor Modificado 1 % segundo ensayo _____	88
Tabla 45: Proctor Modificado 1 % tercer ensayo _____	88
Tabla 46: resultados primer ensayo – 1% _____	90
Tabla 47: resultados segundo ensayo – 1% _____	91
Tabla 48: resultados tercer ensayo - 1% _____	91
Tabla 49 CBR: primer ensayo – 1% _____	91
Tabla 50: CBR segundo ensayo – 1% _____	94
Tabla 51: CBR Tercer ensayo – 1% _____	96
Tabla 52: Tabla de expansión – 1% _____	98
Tabla 53: Resultados CBR Primer ensayo – 1% _____	98
Tabla 54: Resultados CBR segundo ensayo – 1% _____	98

Tabla 55: Resultados CBR tercer ensayo – 1%	98
Tabla 56: Proctor Modificado 1.5 % primer ensayo	98
Tabla 57: Proctor Modificado 1.5 % segundo ensayo	99
Tabla 58: Proctor Modificado 1.5 % tercer ensayo	99
Tabla 59: resultados primer ensayo – 1.5%	101
Tabla 60: resultados segundo ensayo – 1.5%	101
Tabla 61: resultados tercer ensayo - 1.5%	101
Tabla 62: CBR primer ensayo – 1.5%	102
Tabla 63: CBR segundo ensayo – 1.5%	104
Tabla 64: CBR Tercer ensayo – 1.5%	106
Tabla 65: Tabla de expansión – 1.5%	108
Tabla 66: Resultados CBR Primer ensayo – 1.5%	108
Tabla 67: Resultados CBR segundo ensayo – 1.5%	109
Tabla 68: Resultados CBR tercer ensayo – 1.5%	109
Tabla 69: Proctor Modificado 2 % primer ensayo	109
Tabla 70: Proctor Modificado 2 % segundo ensayo	109
Tabla 71: Proctor Modificado 2 % tercer ensayo	110
Tabla 72: resultados primer ensayo – 2%	112
Tabla 73: resultados segundo ensayo – 2%	112
Tabla 74: resultados tercer ensayo - 2%	112
Tabla 75: CBR primer ensayo – 2%	113
Tabla 76: CBR segundo ensayo – 2%	115
Tabla 77: CBR Tercer ensayo – 2%	116
Tabla 78: Tabla de expansión – 2%	119
Tabla 79: Resultados CBR Primer ensayo – 2%	119
Tabla 80: Resultados CBR segundo ensayo – 2%	119
Tabla 81: Resultados CBR tercer ensayo – 2%	119
Tabla 82: Proctor Modificado 2.5 % primer ensayo	119

Tabla 83: Proctor Modificado 2.5 % segundo ensayo _____	120
Tabla 84: Proctor Modificado 2.5 % tercer ensayo _____	120
Tabla 85: resultados primer ensayo – 2.5% _____	122
Tabla 86: resultados segundo ensayo – 2.5% _____	122
Tabla 87: resultados tercer ensayo - 2.5% _____	122
Tabla 88: CBR primer ensayo – 2.5% _____	123
Tabla 89: CBR segundo ensayo – 2.5% _____	125
Tabla 90: CBR Tercer ensayo – 2.5% _____	127
Tabla 91: Tabla de expansión – 2.5% _____	129
Tabla 92: Resultados CBR Primer ensayo – 2.5% _____	129
Tabla 93: Resultados CBR segundo ensayo – 2.5% _____	129
Tabla 94: Resultados CBR tercer ensayo – 2.5% _____	129
Tabla 95: Proctor Modificado 3 % primer ensayo _____	129
Tabla 96: Proctor Modificado 3 % segundo ensayo _____	130
Tabla 97: Proctor Modificado 3 % tercer ensayo _____	130
Tabla 98: resultados primer ensayo – 3% _____	132
Tabla 99: resultados segundo ensayo – 3% _____	132
Tabla 100: resultados tercer ensayo - 3% _____	132
Tabla 101: CBR primer ensayo – 3% _____	133
Tabla 102: CBR segundo ensayo – 3% _____	135
Tabla 103: CBR Tercer ensayo – 3% _____	137
Tabla 104: Tabla de expansión – 3% _____	139
Tabla 105: Resultados CBR Primer ensayo – 3% _____	139
Tabla 106: Resultados CBR segundo ensayo – 3% _____	139
Tabla 107: Resultados CBR tercer ensayo – 3% _____	139
Tabla 108: Proctor Modificado 3.5 % primer ensayo _____	139
Tabla 109: Proctor Modificado 3.5 % segundo ensayo _____	140
Tabla 110: Proctor Modificado 3.5 % tercer ensayo _____	140

Tabla 111: resultados primer ensayo – 3.5%	142
Tabla 112: resultados segundo ensayo – 3.5%	142
Tabla 113: resultados tercer ensayo - 3.5%	142
Tabla 114: CBR primer ensayo – 3.5%	143
Tabla 115: CBR segundo ensayo – 3.5%	145
Tabla 116: CBR Tercer ensayo – 3.5%	147
Tabla 117: Tabla de expansión – 3.5%	149
Tabla 118: Resultados CBR Primer ensayo – 3.5%	149
Tabla 119: Resultados CBR segundo ensayo – 3.5%	150
Tabla 120: Resultados CBR tercer ensayo – 3.5%	150
Tabla 121: Proctor Modificado 4 % primer ensayo	150
Tabla 122: Proctor Modificado 4 % segundo ensayo	150
Tabla 123: Proctor Modificado 4 % tercer ensayo	151
Tabla 124: resultados primer ensayo – 4%	153
Tabla 125: resultados segundo ensayo – 4%	153
Tabla 126: resultados tercer ensayo - 4%	153
Tabla 127: CBR primer ensayo – 4%	154
Tabla 128: CBR segundo ensayo – 4%	155
Tabla 129: CBR Tercer ensayo – 4%	157
Tabla 130: Tabla de expansión – 4%	160
Tabla 131: Resultados CBR Primer ensayo – 4%	160
Tabla 132: Resultados CBR segundo ensayo – 4%	160
Tabla 133: Resultados CBR tercer ensayo – 4%	160
Tabla 134: Tabla de resúmenes de resultados.	161
Tabla 135 Coeficiente de variacion de MDS	162
Tabla 136 Coeficiente de variacion de OCH	163
Tabla 137 Coeficiente de variacion de CBR al 100% a 0.1pulg	164
Tabla 138 CBR y a1	165

Tabla 139 CBR y a1 obtenidos _____	166
Tabla 140 Datos de diseño _____	168
Tabla 141 Coeficientes de capa material natural _____	171
Tabla 142 Coeficientes de capa material + 1.5% caucho _____	171
Tabla 143 Resultado de espesores _____	171
Tabla 144 Costo x kg _____	172
Tabla 145 Cantidad por m3 _____	172
Tabla 146 Costo por m3 manual - industrial _____	172
Tabla 147 Resultado costos de 1 millon de ejes equivalentes caucho manual _____	172
Tabla 148 Resultado costos de 1 millon de ejes equivalentes caucho industrial _____	172
Tabla 149 Resultado costos de 5 millones de ejes equivalentes caucho manual _____	173
Tabla 150 Resultado costos de 5 millones de ejes equivalentes caucho industrial _____	173
Tabla 151 Resultado costos de 10 millones de ejes equivalentes caucho manual _____	173
Tabla 152 Resultado costos de 10 millones de ejes equivalentes caucho industrial _____	173
Tabla 153: Resumen de procesamiento de casos % caucho y máxima densidad seca _____	174
Tabla 154: Resumen estadístico de % caucho y máxima densidad seca _____	175
Tabla 155: Pruebas de normalidad de datos entre % de caucho y Máxima densidad seca _____	178
Tabla 156: Correlación de Pearson entre %caucho y MDS _____	183
Tabla 157: Resumen de procesamiento de casos entre % caucho y OCH _____	184
Tabla 158: Resumen estadístico de % caucho y OCH _____	185
Tabla 159: Prueba de normalidad de %caucho y OCH _____	188
Tabla 160: Correlación de Pearson entre %caucho y OCH _____	194
Tabla 161: Resumen de procesamiento de casos entre %caucho y CBR al 100% a 0.1" _____	195
Tabla 162: Resumen estadístico del CBR al 100% a 0.1" _____	196
Tabla 163: Prueba de normalidad del CBR al 100% a 0.1" _____	199
Tabla 164: Correlación de Pearson entre % caucho y CBR al 100% a 0.1" _____	204

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Perfil estratigráfico .....	12
Figura 2: Relación entre las fases de un suelo .....	13
Figura 3: Proceso de sedimentación .....	19
Figura 4: Curva Granulométrica .....	23
Figura 5: Estructura típica de pavimento flexible .....	26
Figura 6: Triangulo de gradación.....	33
Figura 7: Fibra de Caucho.....	45
Figura 8 Flujo Vehicular.....	46
Figura 9 Desecho de Neumaticos Junin .....	47
Figura 10: Equipos para Ensayo Proctor Modificado .....	53
Figura 11 Equipos para ensayo de CBR .....	58
Figura 12 Curva Granulométrica - Base Granular .....	64
Figura 13: Grafica Límite Líquido .....	66
Figura 14: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo .....	68
Figura 15: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo .....	69
Figura 16: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo .....	69
Figura 17: Carga vs penetración 56, 25 Y 12 golpes primer ensayo.....	72
Figura 18: Densidad vs CBR primer ensayo.....	72
Figura 19: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo.....	74
Figura 20: Densidad vs CBR segundo ensayo .....	74
Figura 21: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo.....	76
Figura 22: Densidad vs CBR tercer ensayo .....	76
Figura 23: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 0.5% .....	79
Figura 24: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 0.5% .....	79
Figura 25: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 0.5% .....	80
Figura 26: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo 0.5%.....	82
Figura 27: Densidad vs CBR primer ensayo – 0.5% .....	82

Figura 28: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 0.5% .....	84
Figura 29: Densidad vs CBR segundo ensayo – 0.5% .....	84
Figura 30: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 0.5% .....	86
Figura 31: Densidad vs CBR tercer ensayo – 0.5% .....	86
Figura 32: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 1% .....	89
Figura 33: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 1% .....	90
Figura 34: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 1% .....	90
Figura 35: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo - 1%.....	93
Figura 36: Densidad vs CBR primer ensayo – 1% .....	93
Figura 37: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 1% .....	95
Figura 38: Densidad vs CBR segundo ensayo – 1% .....	95
Figura 39: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 1% .....	97
Figura 40: Densidad vs CBR tercer ensayo – 1% .....	97
Figura 41: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 1.5% .....	100
Figura 42: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 1.5% .....	101
Figura 43: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 1.5% .....	101
Figura 44: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 1.5%.....	103
Figura 45: Densidad vs CBR primer ensayo – 1.5% .....	104
Figura 46: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 1.5% .....	105
Figura 47: Densidad vs CBR segundo ensayo – 1.5% .....	106
Figura 48: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 1.5% .....	107
Figura 49: Densidad vs CBR tercer ensayo – 1.5% .....	108
Figura 50: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 2% .....	111
Figura 51: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 2% .....	111
Figura 52: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 2% .....	112
Figura 53: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 2%.....	114
Figura 54: Densidad vs CBR primer ensayo – 2% .....	115
Figura 55: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 2% .....	116

Figura 56: Densidad vs CBR segundo ensayo – 2% .....	116
Figura 57: Carga vs penetración 56, 25 Y 12 golpes tercer ensayo – 2% .....	118
Figura 58: Densidad vs CBR tercer ensayo – 2% .....	118
Figura 59: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 2.5% .....	121
Figura 60: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 2.5% .....	122
Figura 61: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 2.5% .....	122
Figura 62: Carga vs penetración 56 golpes primer ensayo – 2.5%.....	124
Figura 63: Densidad vs CBR primer ensayo – 2.5% .....	124
Figura 64: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 2.5% .....	126
Figura 65: Densidad vs CBR segundo ensayo – 2.5% .....	126
Figura 66: Carga vs penetración 56 golpes tercer ensayo – 2.5%.....	128
Figura 67: Densidad vs CBR tercer ensayo – 2.5% .....	128
Figura 68: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 3% .....	131
Figura 69: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 3% .....	132
Figura 70: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 3% .....	132
Figura 71: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 3%.....	134
Figura 72: Densidad vs CBR primer ensayo – 3% .....	134
Figura 73: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 3% .....	136
Figura 74: Densidad vs CBR segundo ensayo – 3% .....	136
Figura 75: Carga vs penetración 56 golpes tercer ensayo – 3%.....	138
Figura 76: Densidad vs CBR tercer ensayo – 3% .....	138
Figura 77: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 3.5% .....	141
Figura 78: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 3.5% .....	142
Figura 79: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 3.5% .....	142
Figura 80: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 3.5%.....	144
Figura 81: Densidad vs CBR primer ensayo – 3.5% .....	145
Figura 82: Carga vs penetración 56 golpes segundo ensayo – 3.5%.....	146
Figura 83: Densidad vs CBR segundo ensayo – 3.5% .....	147

Figura 84: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 3.5% .....	148
Figura 85: Densidad vs CBR tercer ensayo – 3.5% .....	149
Figura 86: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 4% .....	152
Figura 87: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 4% .....	152
Figura 88: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 4% .....	153
Figura 89: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 4% .....	155
Figura 90: Densidad vs CBR primer ensayo – 4% .....	155
Figura 91: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 4% .....	157
Figura 92: Densidad vs CBR segundo ensayo – 4% .....	157
Figura 93: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 4% .....	159
Figura 94: Densidad vs CBR tercer ensayo – 4% .....	159
Figura 95 Coeficiente estructural en base granular .....	165
Figura 96 Ecuacion de correlacion ai vs CBR .....	166
Figura 97 Tendencia a1 vs CBR.....	167
Figura 98 Tendencia a1 vs % de caucho.....	168
Figura 99 SN 1 MILLON .....	169
Figura 100 SN 5 MILLONES.....	170
Figura 101 SN 10 MILLONES.....	170
Figura 102: Histograma caucho 0% - MDS .....	179
Figura 103: Histograma caucho 0.5% - MDS .....	179
Figura 104: Histograma caucho 1% - MDS .....	180
Figura 105: Histograma caucho 1.5% - MDS .....	180
Figura 106: Histograma caucho 2% - MDS .....	181
Figura 107: Histograma caucho 2.5% - MDS .....	181
Figura 108: Histograma caucho 3% - MDS .....	182
Figura 109: Histograma caucho 3.5% - MDS .....	182
Figura 110: Histograma caucho 4% - MDS .....	183
Figura 111: Línea tendencia de la máxima densidad seca .....	184

Figura 112: Histograma caucho 0% y OCH .....	189
Figura 113: Histograma caucho 0.5% y OCH .....	190
Figura 114: Histograma caucho 1% y OCH .....	190
Figura 115: Histograma caucho 1.5% y OCH .....	191
Figura 116: Histograma caucho 2% y OCH .....	191
Figura 117: Histograma caucho 2.5% y OCH .....	192
Figura 118: Histograma caucho 3% y OCH .....	192
Figura 119: Histograma caucho 3.5% y OCH .....	193
Figura 120: Histograma caucho 4% y OCH .....	193
Figura 121: Línea tendencia del OCH .....	195
Figura 122: histograma caucho 0% del CBR al 100% a 0.1" .....	200
Figura 123 histograma caucho 0.5% del CBR al 100% a 0.1" .....	200
Figura 124: histograma caucho 1% del CBR al 100% a 0.1" .....	201
Figura 125: histograma caucho 1.5% del CBR al 100% a 0.1" .....	201
Figura 126: histograma caucho 2% del CBR al 100% a 0.1" .....	202
Figura 127: histograma caucho 2.5% del CBR al 100% a 0.1" .....	202
Figura 128: histograma caucho 3% del CBR al 100% a 0.1" .....	203
Figura 129: histograma caucho 3.5% del CBR al 100% a 0.1" .....	203
Figura 130: histograma caucho 4% del CBR al 100% a 0.1" .....	204
Figura 131: Línea tendencia del CBR al 100% a 0.1" .....	205

## INTRODUCCION

Según la Asociación para el Fomento de la Infraestructura Nacional la infraestructura vial incide un 20% en la economía de nuestro país por el gran valor que tiene en ésta, pues al alto costo de construcción, mantenimiento o rehabilitación hay que adicionarle también los que se derivan por el mal estado de las vías, por eso los nuevos ingenieros que se dediquen a esta rama de la profesión se enfrentaran a un reto muy importante que es el de proporcionar estructuras de pavimentos eficaces con presupuestos cada vez más restringidos; con pavimentos eficaces se deduce el obtener una capa granular con un mejor desempeño.

Por ende, la construcción de infraestructura vial, favorece en el desarrollo, competitividad e intercomunicación entre las poblaciones de todo el país. Para la construcción de estas, se hace el diseño previo de las principales capas a conformar el pavimento, teniendo en cuenta los materiales a usar en cada capa siguiendo las especificaciones detalladas de la dosificación, así como su adecuada construcción.

La estabilización de materiales, que forman la composición del pavimento, viene siendo uno de los mayores objetivos de estudio dentro de la ingeniería, debido a su influencia dentro en la mejoría en las propiedades mecánicas de la base granular para de esta forma hacerlo capaz de integrar una capa firme y duradera.

Por lo cual, el caucho como material a emplearse en la base granular con el fin de estabilizarlo, pretende aumentar la resistencia mecánica de dicho pavimento.

La investigación ha realizar tiene como título: “Estabilización de bases granulares con fibra de caucho reciclado tallado” cuyo análisis tiene como objetivo estabilizar, mediante la adición de fibras de caucho reciclado, detallando los resultados del CBR y MDS según sea el estudio realizado para así aumentar la resistencia del pavimento a construir para su posterior uso.

En los siguientes capítulos se observa y desarrolla, la teoría, procedimiento y los resultados obtenidos en fin de ver si la fibra de caucho reciclado tallado influye en el material granular estudiado.

## **CAPITULO I: PLANTEAMIENTO DE ESTUDIO**

### **1.1. Planteamiento Del Problema**

En la actualidad, las exigencias de poder utilizar nuevos materiales con el cual obtener resultados óptimos en la construcción de redes viales a nivel mundial ha ocasionado el interés en poder investigar nuevos materiales. Con los cuales obtener resultados idóneos en el mejoramiento y estabilización de suelos ya que el mejoramiento de una capa granular influye directamente en la calidad de servicio y durabilidad como en el costo de construcción ya que los espesores pueden ser reducidos. (Coordinación De Infraestructura Del Instituto Mexicano Del Transporte)

En la búsqueda de nuevos materiales se ha empleado diversos elementos reciclados como es el caso del caucho ya que es un material abundante por la utilización del parque automotor a nivel mundial. (Coordinación De Infraestructura Del Instituto Mexicano Del Transporte)

En el Perú la red vial es unos de los pilares principales para el desarrollo de la nación. Las diferentes vías fueron construidas con diversos materiales ya que son distintos en cada región de nuestro país.

El uso del caucho reciclado como nuevo material de bajo costo podría ser la solución al remplazo de estabilizadores de suelos convencionales como es el cemento, cal y estabilizadores químicos, ya que es un material que se puede encontrar a nivel nacional, al poder aumentar la capacidad de soporte de una capa granular. Esta influirá directamente en los espesores y a su vez en el costo de construcción. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

La carga de tránsito influye en el proceso de falla de un material, siendo este uno de los problemas primordiales en el pavimento. Debido a estas fallas es necesario evaluar la composición de las principales capas del pavimento. (ABARCA HUAMAN, 2013)

Por tal razón se ha utilizado la combinación de diferentes productos estabilizadores, así como la mezcla de suelos con el fin de dar soluciones óptimas a problemas particulares. (Coordinación De Infraestructura Del Instituto Mexicano Del Transporte)

Siendo la base granular una capa que necesita ser estabilizada para tener una óptima capacidad de resistencia mediante el mejoramiento de sus propiedades físico mecánicas por lo cual en esta investigación se basa en la influencia de la fibra de caucho reciclado tallado en las propiedades físicas mecánicas y así poder obtener un material granular con un mejor desempeño.

En el Perú el valor de CBR es muy importante ya que es necesario para obtener el módulo resiliente y con él se puede diseñar mediante el método AASHTO -93 y tener influencia en el espesor de cada capa granular ya que el valor CBR nos indica la capacidad de resistencia que tiene un material compactado, para poder obtener el valor CBR se necesita que el material este al 100% de la máxima densidad seca (MDS) y esto se debe evaluar en campo mediante el ensayo de cono de arena. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de las especificaciones técnicas generales para construcción, da a conocer las diversas formas de estabilizar el suelo e invita a poder investigar nuevas formas de estabilización de suelos y poder mejorar las propiedades físicas mecánicas, por ende, es donde entra la siguiente investigación ya que se utilizará un material reciclado.

## **1.2. Formulación Del Problema**

### **1.2.1. Problema General**

¿De qué manera influye la adición de la fibra de caucho tallado en las propiedades mecánicas de la base granular?

### **1.2.2. Problema Específico**

- a) ¿De qué manera influye la adición de la fibra de caucho tallado en el valor CBR y en la MDS de la base granular?
- b) ¿Cuál es la dosificación óptima de la fibra de caucho tallado para el mejoramiento de la base granular?
- c) ¿De qué manera influye la adición de la fibra de caucho tallado en el coeficiente estructural de la base granular?

## **1.3. Objetivos**

### **1.3.1. Objetivo General**

Determinar la influencia de la adición de fibra de caucho tallado a las propiedades mecánicas de la base granular.

### **1.3.2. Objetivo Especifico**

- a) Determinar la influencia de adición de fibra de caucho tallado en el valor CBR y en la MDS de la base granular.
- b) Determinar la dosificación óptima de la fibra de caucho tallado para el mejoramiento de la base granular.
- c) Determinar la influencia de la adición de la fibra de caucho en el coeficiente estructural de la base granular.

## **1.4. Justificación**

El siguiente trabajo de investigación se enfoca en poder utilizar el material reciclado de caucho en el material granular para base el cual es utilizado para la construcción de la capa de base granular, y así poder disminuir la contaminación mediante el uso de un material reciclado y no al uso convencional de material como el cemento, cal y estabilizadores químicos.

Tratando de esta forma dar mayor resistencia a la base que es uno de los componentes estructurales que forman el pavimento, a través de la estabilización de la base granular para así este pueda ser apto de soportar las cargas de tránsito, evitando su pronto deterioro.

Minimizar los daños causados al medio ambiente es uno de los grandes objetivos que la ingeniería persigue es por tal razón que se busca utilizar los residuos del caucho, contribuyendo al reciclado y reducción de la contaminación.

Finalmente, al utilizar este material reciclado se podrá obtener una mejora en las propiedades físicas del material granular y así poder obtener un costo menor por ser un materia reciclado y no un material convencional.

#### **1.4.1. Justificación practica**

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de estabilizar el material granular mediante el uso de fibra de caucho reciclado tallado y esto conlleva al mejoramiento de sus propiedades mecánicas; este mejoramiento se refleja en el valor CBR y la máxima densidad seca; al mejorar el material granular conllevará a la construcción de una capa con un menor espesor y con lo cual se obtendrá un ahorro económico por la reducción de materiales y garantizar una óptima respuesta estructural del pavimento.

#### **1.4.2. Justificación metodológica**

La elaboración y aplicación de la fibra de caucho reciclado en el material de base granular se dará a través del método científico, ya que se puede investigar por la ciencia a través de ensayos de laboratorio y así demostrar la validez y confiabilidad y posteriormente poder ser utilizado en campo y otros trabajos de investigación.

### **1.4.3. Justificación teórica**

La importancia de la presente investigación que se pretende realizar, radica en analizar la fibra de caucho reciclado tallado y el impacto que genera en la estabilización de dicha capa granular (base granular) y así dar solución al problema de estabilización de suelos.

## **1.5. Formulación De La Hipótesis**

### **1.5.1. Hipótesis General**

La adición de la fibra de caucho tallado en el material de base granular influye favorablemente en la estabilización y el comportamiento de sus propiedades físicas.

### **1.5.2. Hipótesis Específica**

- a) La adición de la fibra de caucho influye en el valor CBR y en la MDS de la base granular de manera positiva, aumentando el valor de soporte relativo y MDS.
- b) Existe una dosificación óptima con la cual se obtiene un mejoramiento en las propiedades del material granular, de la base granular.
- c) La adición de la fibra de caucho influye directamente en el coeficiente estructural de la base granular.

## **1.6. Variables**

Matemáticamente se expresa de la siguiente manera:

$$Y=F(X)$$

Donde:

Y: Variable dependiente.

X: Variable independiente.

### **1.6.1. Variable Dependiente**

Propiedades mecánicas de la base granular.

### **1.6.2. Variable Independiente**

Fibra de caucho tallado

## CAPITULO II: MARCO TEORICO

### 2.1. Antecedentes Del Problema

#### 2.1.1. Antecedente Internacional

- Según, (Laica ,2016), en la tesis de pregrado “Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base” de la Universidad Técnica de Ambato- Ecuador – Facultad de Ingeniería Civil para la obtención del título profesional. Concluye que “Al analizar los resultados obtenidos de la muestra de una Sub-base sin adición de caucho y compararlos con las muestras con adición de caucho en 77 diferentes porcentajes, se puede ver claramente la disminución de la resistencia del material y se comprobó que mientras se añada más porcentaje de caucho a el material en estudio el CBR va disminuyendo considerablemente” (Laica Moposita, 2016)
- Según, (Díaz y Castro ,2017), en la monografía de grado “Implementación del grano de caucho reciclado (gcr) proveniente de llantas usadas para mejorar las mezclas asfálticas y garantizar pavimentos sostenibles en Bogotá” de la Universidad Santo Tomas - Facultad de Ingeniería Civil para la obtención del título profesional. Define en los objetivos que, “Seleccionar información existente acerca de los factores que afectan el comportamiento mecánico de las mezclas asfálticas con GCR. Concluye, “El GCR presente en las mezclas asfálticas, mejora los problemas de ahuellamiento, disminuyendo los contenidos de vacíos de aire en las mezclas asfálticas acompañados de un proceso más intensificado de compactación la mezcla. Inicialmente, en los estudios encontrados, se refleja que el problema del ahuellamiento, entre otros factores, se ve favorecido por la falta de compactación, por lo cual la solución esperada es aumentar los ciclos, sin embargo, se demostró que al adicionar GCR estos ciclos pueden disminuir, ya que las partículas de caucho

reciclado mejoran esta característica, con respecto de una mezcla asfáltica convencional” (Diaz Claros, y otros, 2017)

### **2.1.2. Antecedente Nacional**

- Según, (Ugaz, 2006), en la tesis de pregrado “Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de sub rasante” de la Universidad Nacional de Ingeniería – Facultad de Ingeniería Civil para la obtención del título profesional. Concluye que “El tema de estabilización de suelos, tiene mucho tiempo de haber sido estudiado, pero aun así, se ha venido realizando de manera muy empírica y primando intereses comerciales, más que los logros técnico-económico de la utilización de alguno de estos productos.” (UGAZ PALOMINO, 2006)

## **2.2. BASES TEORICAS**

### **2.2.1. Suelo**

Es la capa superficial de la corteza terrestre que tiene origen después de la desintegración química y física de las rocas y de actividad de los seres vivo que realizan sobre ella. Sus propiedades varían "horizontalmente es por ello que el suelo presenta perfil estratigráfico y gracias a ese perfil predecir hechos pasados, ya que estos han sido tan significativos que dejaron huella en la superficie. (Badillo, y otros, 2005)

### **2.2.2. Origen Y Formación De Los Suelos**

El suelo tiene origen en la roca, al ser esta desintegrada de forma química o física (meteorización) cubre el área en donde se dio la meteorización. Se utiliza el termino meteorización para describir y explicar todos los procesos externos en que la roca haya participado, sufriendo alteraciones que fragmentaran sus partículas, esa continua fragmentación responde a un cambio físico causado por fenómenos como la corriente de agua en los ríos, vientos, olas oceánicas, hielo glacial, acción de congelación, además

de expansiones y contracciones causadas por ganancia y pérdida de calor, por tal razón también es conocida como meteorización mecánica.

La roca contiene minerales, pero al estar en continuo cambio estos cambian su composición química de esta forma existe la meteorización química que se presenta en procesos como la hidratación disolución oxidación, cementación etc.

La descomposición de minerales y transformación de los mismos en la roca conlleva a tener propiedades físicas distintas que inicialmente la roca poseía. Es por ello importante resaltar que las partículas de menor tamaño son más susceptibles al cambio químico en comparación con los granos minerales que han sido formados como grandes masas de roca compacta.

La meteorización biológica se produce por actividad bacteriana, originando putrefacciones en los materiales orgánicos.

La estratigrafía es la rama de la geología que estudia, describe, e identifica las rocas y su secuencia horizontal o vertical según el tiempo en que hayan sido sedimentadas y los materiales que constituyen cada estrato.

El perfil estratigráfico es como una radiografía del terreno estudiado este se obtiene a partir de perforaciones, cortes en el material estudiado. Los procesos de meteorización dan lugar a diferentes perfiles. (Braja M., 2008)

PERFIL ESQUEMATICO	LOVE (1951) LITTLE (1961)	VARGAS (1951)	SOWERS (1954, 1963)	CHANDLER (1969)	GEOLOGICAL SOC. ENG. GROUP (1970)	DEERE Y PATTON (1971)
	ROCAS IGNEAS	IGNEAS, BASALTICAS Y ARENISCAS	IGNEAS Y METAMORFICAS	MARGAS Y LIMOLITAS	ROCAS IGNEAS	IGNEAS Y METAMORFICAS
	VI SUELO	SUELO RESIDUAL	ZONA SUPERIOR	IV COMPLETAMENTE ALTERADA	VI SUELO RESIDUAL	HORIZONTE IA
	V COMPLETAMENTE ALTERADA	SUELO RESIDUAL JOVEN	ZONA INTERMEDIA	IV a	V COMPLETAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IB
	IV ALTAMENTE ALTERADA	CAPAS DE ROCA DESINTEGRADA	ZONA PARCIALMENTE ALTERADA	III	IV ALTAMENTE ALTERADA	HORIZONTE IC
	III MODERADAMENTE ALTERADA			II	III MODERADAMENTE ALTERADA	IA TRANSICION CON ROCA METEORIZADA SAPROLITO
	II ALGO ALTERADA				II DEBILMENTE ALTERADA	IB PARCIALMENTE METEORIZADA
	I ROCA SANTA	ROCA SANA	ROCA INALTERADA	ROCA INALTERADA	IA ROCA SANA	ROCA SANA

**Figura 1: Perfil estratigráfico**

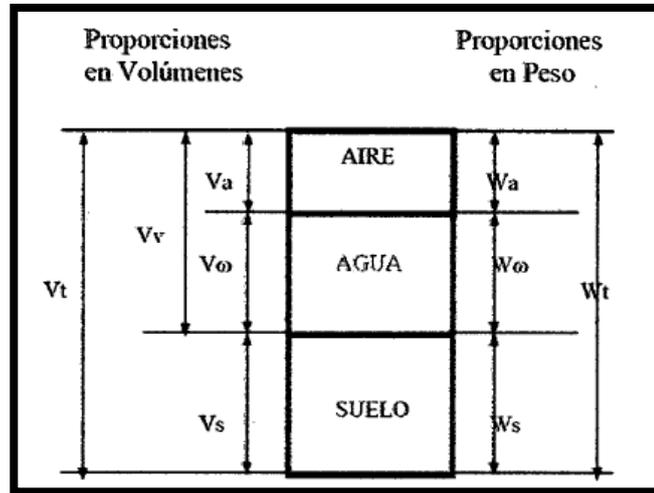
**Fuente: Muelas s.f**

### 2.2.3. Propiedades De Los Suelos

Existen un gran número de propiedades del suelo que difieren uno tras otro, siendo los más representativos los siguientes:

- **RELACIONES PESO - VOLUMEN**

El suelo es un sistema multifase. La siguiente figura 2 represente a un elemento con 3 fases: solida, liquida y gaseosa. La fase solida se constituye por partículas minerales, la fase gaseosa, por aire y gas, y las fases liquida por agua.



**Figura 2: Relación entre las fases de un suelo**

**Fuente: Juárez Badillo**

**Siendo:**

$V_t$ : Volumen total del elemento de suelo

$V_s$ : Volumen ocupado por las partículas de suelo

$V_w$ : Volumen ocupado por la fase líquida (agua)

$V_g$ : Volumen ocupado por la fase gaseosa (aire)

$V_v$ : Volumen ocupado por los huecos (fase líquida+ fase gaseosa)

$W_t$ : Peso total del elemento de suelo

$W_s$ : Peso de las partículas de suelo

$W_w$ : Peso de la fase líquida (agua)

$W_a$ : Peso de la fase gaseosa (aire) = 0

**Relación en volumen**

Índice de huecos o poros :  $e = \frac{V_v}{V_s}$

Porosidad :  $n = \frac{V_v}{V_t}$

Grado de saturación :  $s = \frac{V_w}{V_s}$

El Índice de huecos y la porosidad presentan la siguiente relación.

$$e = \frac{V_v}{V_s} = \frac{V_t - V_s}{V_s} = \frac{n}{1-n} \quad \text{y} \quad n = \frac{V_v}{V_t} = \frac{V_t - V_s}{V_t} = \frac{e}{1+e}$$

### Relación en peso

Humedad :  $W = \frac{W_w}{W_s}$

Peso específico de las partículas sólidas :  $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$

Peso específico del agua :  $\gamma_w = \frac{W_w}{V_w}$

Peso específico seco :  $\gamma_d = \frac{Y_s}{1+e}$

Peso específico aparente :  $\gamma_{ap} = \gamma_d(1 + w)$

Peso específico saturado :  $\gamma_{sat} = \frac{Y_s + e\gamma_w}{1+e}$

- **Densidad o compacidad relativa**

Se define:  $D_r = \frac{e_{max} - e}{e_{max} - e_{min}} * 100 = \frac{Y_{d,max}}{Y_d} * \frac{Y_d - Y_{d,min}}{Y_{d,max} - Y_{d,min}} * 100$

Siendo:

$e_{max}$  : Índice de huecos del suelo en el estado más suelto

$e_{min}$  : Índice de huecos del suelo en el estado más denso

$e$  : Índice de huecos in situ

$\gamma_d$  : Peso específico seco in situ

$\gamma_{d, max}$ : Peso específico seco en el estado más denso ( $e_{min}$ )

$\gamma_{d, min}$ : Peso específico seco en el estado más suelto ( $e_{max}$ )

Compacidad de los suelos según su densidad relativa:

**Tabla 1 Denominaciones de la compacidad (Braja Das, 2001)**

<b>Densidad Relativa (%)</b>	<b>Denominación</b>
<b>0 - 15</b>	<b>Muy suelto</b>
<b>15 - 35</b>	<b>Suelto</b>
<b>35 - 65</b>	<b>Medio</b>
<b>65 - 85</b>	<b>Denso</b>
<b>85 - 100</b>	<b>Muy denso</b>

- **COLOR:** Permite diferenciar tipos de terreno siendo los oscuros quienes contienen material orgánico, los grises o lechosos presentan cuarzo, calcio, yeso etc. en su composición, los rojizos o amarillos indica la presencia de ácidos de hierro-
- **POROSIDAD:** Cavidades, que permiten el paso del agua y del aire, se forman en el suelo; siendo la arena muy porosa en comparación de la arcilla
- **PERMEABILIDAD:** Paso del aire y del agua dentro del agua sin impedimento.

Es importante y necesario determinar las propiedades del suelo, por ende, su evaluación requiere de herramientas adecuadas para su análisis y diseño. A continuación, se presenta los ensayos comúnmente desarrollados desde los inicios de la ingeniería.

**Tabla 2: Propiedades y ensayos de los suelos de mayor uso en ingeniería de pavimentos.**

Propiedades / Ensayos	Designación AASHTO	Aplicación	Usos principales en Ingeniería de Pavimentos
Contenido de humedad	T 265	Frecuente	Verificación de humedad de compactación
Gravedad específica	T 100	Frecuente	Cálculos de densidad y razón de vacíos. Identificación de los posibles componentes mineralógicos de suelos y agregados
Densidad in situ	T 191	Frecuente	Verificación de densidad de materiales compactados
Granulometría	T 88	Frecuente	Clasificación de suelos y aceptación de agregados
Límites de consistencia	T 89, T 90	Frecuente	Clasificación de suelos y aceptación de materiales de relleno / subrasante.
Compactación o densidad remoldeada (Proctor estándar y modificado)	T 99, T 180, T 224	Frecuente	Obtención de parámetros contenido de humedad óptimo y densidad seca máxima de compactación.
Valor Relativo de Soporte o California Bearing Ratio	T 190, T 193, T 292, T 294	Frecuente	Obtención del valor de CBR en los materiales de base, sub-base y subrasante.
Permeabilidad	T 215	Moderado	Evaluación de materiales estructurales y de subdrenajes
Compresión inconfiada	T 208	Limitado	Evaluación de la resistencia a la compresión simple o uniaxial.
Corte Directo	T 236	Limitado	Evaluación del ángulo de fricción de suelos y materiales, especialmente arenosos
Compresión triaxial	T 296, T 297	Limitado	Evaluación de la resistencia de los suelos finos y gruesos.
Consolidación	T 216	Limitado	Evaluación del potencial de asentamientos de suelos finos.

**Fuente: Adaptado de FHWA, 2005.**

Respecto a la tabla, se comenta:

- **El ensayo de contenido de humedad**, haciendo uso del horno de calor ha sido reemplazado por otros métodos (p.e Horno microondas – AASHTO T 255, ASTM D 4643), debido a que su uso se restringe en laboratorio y no en campo, además de requerir de 24 horas para su secado.
- Dentro de la gran variedad de suelos que nuestro país posee, se ha notado la existencia de partículas de mineral de origen arcilloso, “amorfo” (sin forma) o mineral de corto alcance como la halloysita y alófana, estas últimas tienen moléculas de agua en su

estructura. Por ende si estas son sometidas a secado bajo temperaturas iguales o mayores a 100 °C, el comportamiento del material será irreversible y este material no es aplicable para ensayos generales como granulometría por sedimentación, límites de consistencia **y gravedad específica.**

- Los **ensayos de densidad** realizados en campo que se basan en la medición del volumen que se desplaza han sido reemplazados por la medición a base de radiación, esto se realiza mediante el ensayo de cono de arena con el cual se obtiene la MDS in situ.
- Para clasificar los materiales geotécnicos es importante definir su posible uso en la composición de material de pavimento. Resaltando que su principal uso es para cimientos (base o subrasante). Se puede clasificar mediante AASHTO o SUCS, el MTC recomienda utilizar los dos métodos para poder clasificar el suelo ya que es necesario saber para evitar confusiones posteriores.
- El **ensayo de proctor** se realiza para obtener las propiedades de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad MDS y OCH necesario para poder realizar el ensayo de CBR. Para poder realizar el ensayo de proctor es necesario saber los pasantes en cada tamiz o tener los resultados de los ensayos de granulometría ya que existe dos tipos de proctor (Modificado y estándar) basados en los pasantes del material en cada tamiz.
- El **CBR** representa el comportamiento que tiene el material, es una relación de penetración y el esfuerzo que se presenta en el material, es necesario para poder diseñar los espesores de cada capa de un pavimento.
- Implícitamente el ensayo de CBR compara la rigidez del material usado y uno estándar, aunque existen limitaciones que impide una correcta interpretación mecánica.
- El **módulo resiliente (MR)** y el diseño mecánico se basan en las propiedades mecánicas con comportamiento reales del material y de esta forma estos han ido reemplazando al ensayo de CBR y otros con procedimientos empíricos.

## **2.2.4. Tipos De Suelos**

### **2.2.4.1. Suelos Residuales**

Son suelos producidos por agentes naturales y por la descomposición de la roca sin transportar, estos se acumulan en el lugar de origen de su posición, la cantidad o espesor de acumulación depende de las características de la roca y su clasificación, también existen factores como el clima y temperatura que intervienen en el proceso.

Estos suelos suelen ser abundantes en zonas húmedas, templadas donde existen una vasta vegetación para evitar que los productos de meteorización sean fácilmente arrastrados.

### **2.2.4.2. Suelos Sedimentarios**

Los suelos sedimentarios se originan por el depósito del material debido al transporte mediante diversos agentes.

Estos suelos se forman por la meteorización física o química de las rocas, La meteorización física de las rocas genera la formación de partículas de arena, limo y grava. La meteorización química genera alteración en las rocas y de esta proceden las arcillas.

Los agentes principales que son: agua, gravedad, hielo, los organismos vivos y el aire, estos transportan sedimentos, estos sedimentos son afectados de las siguientes formas:

- a. La abrasión, el desgaste, el impacto y la disolución de partículas, modifica las mismas en su forma, tamaño y textura.
- b. Se produce una clasificación de partículas.

Luego de la formación pasan a ser transportadas por los agentes y depositadas formando el suelo sedimentario.

Este tipo de depósito en el agua tiene su procedencia en la reducción de la velocidad, adición de electritos y reducción de solubilidad



**Figura 3: Proceso de sedimentación**

**Fuente: Muelas s.f**

En consecuencia, el suelo es el efecto de la meteorización de las rocas, ya sea con o sin transporte de los productos alterados. Estos se caracterizan por:

- La formación se constituye por partículas de tamaño aproximado al micro y centímetro.
- Alrededor de estas partículas existen huecos con un total de volumen semejante al del volumen ocupado por estas.
- El suelo presenta varias fases por es un sistema multifase.
- El suelo puede ser saturado (huecos llenos de agua) o semisaturados (huecos llenos con agua o aire), siendo las características de estos tipos de suelos, las que determinan la respuesta del material.

### **2.2.5. Clasificación De Suelos**

La clasificación de suelos se realiza agrupando suelos con comportamiento y propiedades geotécnicas semejantes.

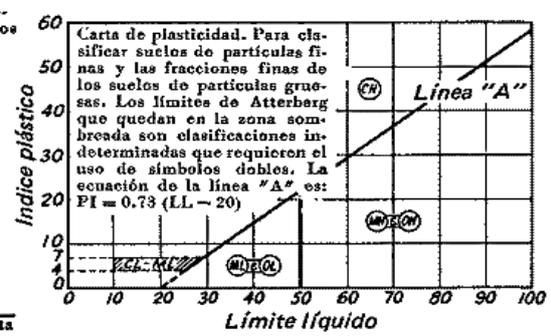
La clasificación de suelos consiste, pues, en incluir un suelo en un grupo que presenta un comportamiento semejante. La correlación de unas ciertas propiedades con un grupo de un sistema de clasificación suele ser un proceso empírico puesto a punto a través de muchos años de experiencia. (Das, 2001)

Para poder clasificar el suelo podemos clasificarlos por SUCS (Unified Soil Classification System) y el sistema AASHTO. El sistema AASHTO es el principal para poder analizar el suelo con el fin de ser material para la construcción de carreteras, por su lado el sistema SUCS es mas de uso geotécnico.

Tabla 3: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos desde el punto de vista de la Ingeniería título D-2487 de la ASTM.

Divisiones principales		Símbolos del grupo	Nombres típicos	Criterios para la clasificación				
Suelos de partículas gruesas Más del 50% es retenido en la malla No. 200	Gravas 50% o más de la fracción gruesa se retiene en la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$	Mayor que 4			
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos	$C_s = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Entre 1 y 3			
		GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo.	No satisfacen ambos criterios para GW				
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4.				
	Arenas Más del 50% de la fracción gruesa pasa la malla No. 4	Arenas limpias	SW	Arenas bien graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	$C_u = D_{60}/D_{10}$	Mayor que 6		
			SP	Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos	$C_s = \frac{(D_{20})^2}{D_{10} \times D_{60}}$	Entre 1 y 3		
		Arenas con finos	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	No se satisfacen ambos criterios para SW			
			SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7			
			Suelos de Grano Fino 50% o más pasa la malla No. 200	Limos y arcillas con Límite Líquido de 50% o menor	ML	Limos inorgánicos, arenas muy finas, polvo de roca, limos arenosos o arcillas ligeramente plásticos	Los límites de Atterberg quedan abajo de la línea "A", o el índice plástico es menor que 4.	
					CL	Arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas dobles	Los límites de Atterberg quedan arriba de la línea "A" y el índice plástico es mayor que 7	
Limos y arcillas Con límite Líquido mayor de 50%	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		Identificación visual o manual				
	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elásticos		Identificación visual o manual				
	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas		Identificación visual o manual				
	OH	Arcillas orgánicas de media a alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad		Identificación visual o manual				
	Pt	Turba y otros suelos altamente orgánicos.		Identificación visual o manual				

Clasificación según el porcentaje de finos  
 Pasa menos del 50% por la malla No. 200  
 Pasa más del 12% por la malla No. 200  
 Pasa del 5 al 12% por la malla No. 200  
 GW, GP, SW, SP, GM, GC, SM, SC  
 Clasificación indeterminada que requiere el uso de símbolos dobles



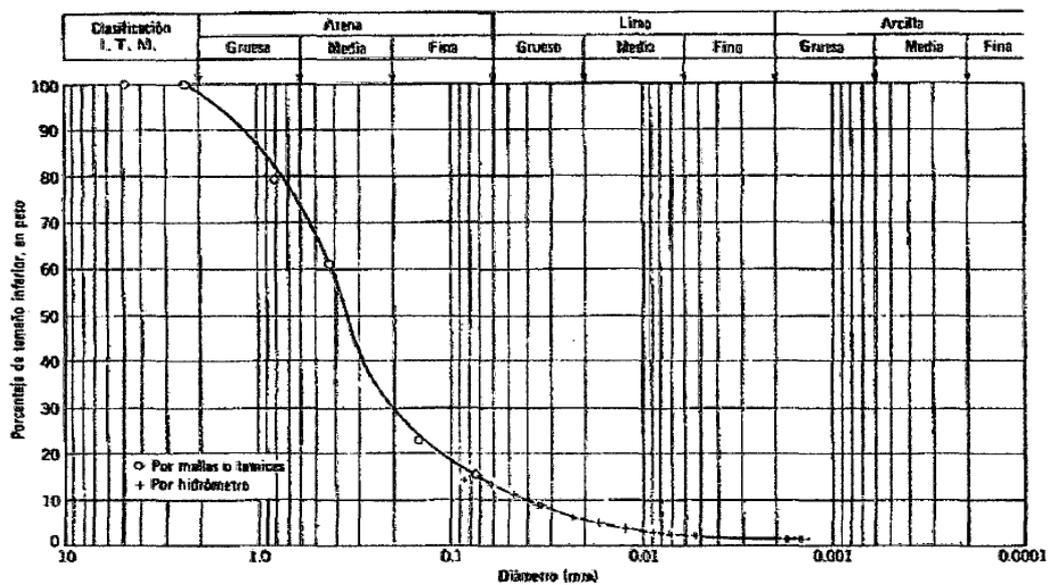
Fuente: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

**Granulometría;** el tamaño de las partículas de un suelo varía notablemente en una masa de suelo. Es importante conocer la distribución granulométrica, específicamente su porcentaje según los distintos tamaños que existen, según sean las partículas del suelo, el conocimiento de esta distribución es importante para clasificar al suelo.

Existen dos formas para determinar la distribución granulométrica de partículas estas son: El análisis granulométrico por tamizado y la granulometría por sedimentación, la primera se hace uso para partículas de tamaño superiores a 0.08 mm, mientras que la segunda analiza partículas de tamaños inferiores a 0.08 mm.

El análisis granulométrico mediante tamizado se desarrolla tomando una determinada cantidad de suelo con las siguientes características: seco y pulverizado. Es necesario que este suelo sea tamizado a través de una serie de tamices (cuyo tamaño de malla suele ir disminuyendo en progresión geométrica de razón 2), para un buen tamizado es necesario agitar esa serie de tamices, siendo anteriormente ordenados de manera secuencial. La cantidad de suelo retenido en cada tamiz es pesada y el porcentaje es determinado según la cantidad de material que pasa por cada tamiz.

El porcentaje de material que pasa por cada tamiz, determinado de la forma anterior, se representa en un gráfico semilogarítmico. El diámetro de la partícula se representa en una escala logarítmica siendo estas las abscisas del gráfico, y el porcentaje de material que pasa se representa en escala aritmética y estas son las ordenadas del gráfico. En la figura siguiente se muestra un ejemplo de esta curva.



**Figura 4: Curva Granulométrica**

**Fuente. Juárez Badillo**

El análisis granulométrico de un suelo tiene como finalidad determinar la proporción de las diferentes partículas que lo constituyen, clasificados según su tamaño.

En suelos gruesos (gravas, arenas y limos no plásticos) de estructura simple, la característica más importante para definir su resistencia son la compactidad y la angulosidad de los granos. Evidentemente, cualquier análisis por mallas no da ninguna información sobre estos aspectos, pero sí dan una referencia acerca de las distribuciones granulométricas.<sup>1</sup>

Una adecuada distribución granulométrica garantiza un buen comportamiento de suelo ante el efecto de las cargas. El suelo requiere de un porcentaje importante de grava para soportar las cargas, un porcentaje de arena para llenar los vacíos entre las

<sup>1</sup> Acurio, Menendez. 2009.

gravas y, necesariamente, un porcentaje de finos plásticos para cohesionar los materiales del suelo.<sup>2</sup>

### **2.2.6. Base**

Es aquella capa que se ubica debajo de la capa de rodadura de un pavimento asfáltico y la Sub Base. A causa de su cercanía con la superficie, la base tiene considerable resistencia a la deformación, que, debido a las presiones, podría sufrir. Su elaboración consta de materiales granulares ya sean procesados o estabilizados y, en algunos casos, con algunos materiales secundarios. La base se utiliza para la conformación de las estructuras de pavimentos.

Es la capa inferior de la de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito. Esta capa será de material granular drenante (CBR ~ 80%-100%) o será tratada con asfalto, cal o cemento. Su altura o espesor dependerá del diseño, estudio de tráfico, tipo de carretera y del valor CBR obtenido previamente en los ensayos de laboratorio. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2013<sup>a</sup>)

#### **2.2.6.1. Funciones De Las Capas Granulares – Pavimento Flexible**

- **Resistencia**

La principal y fundamental función de la base granular es aportar resistencia al elemento para que este transmita los esfuerzos, que son provocados por el tránsito, a las otras capas.

- **Económica**

---

<sup>2</sup> ECI, Ing. Henry A. Vergara B.-. monografias.com. [En línea]

<http://www.monografias.com/trabajos13/pafle/pafle.shtml>.

En relación a la carpeta asfáltica, la base es una capa muy cercana a la superficie, siendo esta quien recibirá directamente los esfuerzos de tránsito, es por ello que es necesario tener una buena calidad de materiales que constituyen esta capa, en consecuencia, el costo monetario de esta capa se considera alto.

- **Superficie de rodamiento**

Es necesario que la carpeta se caracteriza por una textura y color conveniente, uniformidad y estabilidad en su superficie con el fin de que pueda resistir cargas de tránsito, así como el efecto abrasivo que este emite,

- **Impermeabilidad**

Esta capa debe de evitar que el agua se filtre o pase al interior del pavimento.

### **2.2.7. Subbase**

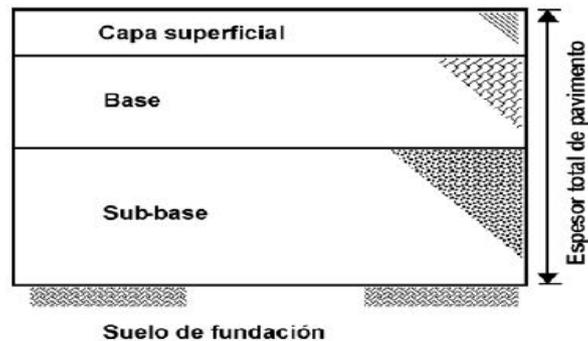
Es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta. Además, se utiliza como capa de drenaje y controlador de la capilaridad del agua. (Manual de carreteras, sección suelos y pavimentos- 2013).

Es una capa que se localiza entre la base y la subrasante en un pavimento asfáltico. Debido a que está sometida a menores esfuerzos que la base, su calidad puede ser inferior y, generalmente, está constituida por materiales locales granulares o marginales.<sup>3</sup>

---

<sup>3</sup> Montejo Fonseca . 2010.

De acuerdo con las características del pavimento, esta capa puede omitirse. La subbase puede constituirse de material granular, en este caso el CBR debe ser mayor o igual 40%, en otros casos puede ser tratada con cemento, asfalto, cal u otros.



**Figura 5: Estructura típica de pavimento flexible**

**Fuente: Manual de carreteras.**

### **2.2.8. Funciones De La Capa Granular -Pavimento Flexible**

La capa granular tiene varias funciones; entre ellas tenemos. Función económica, es una de las principales funciones ya que el uso de un material es de menor costo en el mercado. La capa granular también tiene la función de transición ya que se encuentra en la carpeta asfáltica y la sub-base, y por ende tiene la función de reducir los esfuerzos y deformaciones producidos por la carga vehicular, estructuralmente aporta a la resistencia a la carpeta asfáltica, finalmente cumple con la función de drenar el agua que se filtra a de la carpeta asfáltica e impedir que llegue a las capas posteriores. (Comunicaciones)

### **2.2.9. Factores Importantes Para Un Diseño De Pavimentos**

- **TRÁNSITO:** Se consideran las cargas más críticas por eje que se espera tener en el carril a diseñar según sea el periodo de diseño.

- **CLIMA:** Debe de considerarse los efectos meteorológicos como lluvias, chubascos, y los cambios de temperatura que puedan ocurrir en el periodo de diseño. Las lluvias tienen directa influencia en el acrecentamiento del nivel freático es por ello su notable efecto en la resistencia, la compresibilidad y las variaciones volumétricas de los suelos de base, subbase y subrasante, especialmente.
- **MATERIALES DISPONIBLES:** Estos se determinan según sea la estructura del pavimento, considerando la más adecuada en relación con la técnica y costo.
- **SUBRASANTE:** Esta capa es de suma importancia ya que según sea la calidad de esta, se determinará el espesor que deberá tener un pavimento sea flexible o rígido.

Como parámetro de evaluación de esta capa, se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación y los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden ocasionar graves daños en las estructuras que se apoyen sobre este.<sup>4</sup>

**Montejo (2010) afirma:**

Con frecuencia el ingeniero debe enfrentarse con suelos que debe utilizar para una obra determinada y cuyas características le obligan a tomar una de las siguientes posibles decisiones:

- Aceptar el material como se encuentra, pero teniendo en cuenta en el diseño las restricciones impuestas por su calidad.

---

<sup>4</sup> Cfr. Montejo, 2010.

- Eliminar el material insatisfactorio o abstenerse de usarlo, sustituyéndolo por otro de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente para hacerlo capaz de cumplir en mejor forma los requisitos deseados o cuando menos que la calidad obtenida sea la deseada.

Las propiedades importantes para analizar en la subbase son las propiedades físicas (granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades de rigidez (módulo resiliente, módulo de elasticidad, CBR), propiedades hidráulicas (coeficiente de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión)<sup>5</sup>.

**Tabla 4: Propiedades fundamentales de las capas granulares**

<b>Ensayo</b>	<b>Norma INV</b>	<b>Subbase granular</b>	<b>Base granular</b>
Desgaste de Los Ángeles (%)	E-218	50 máx	35 máx
Desgaste Micro-Deval (%)	E-238	30 máx	25 máx
Resistencia en prueba de 10% de finos (KN)	E-224	-	90 máx
Terrones de arcilla y partículas delezna- bles (%)	E-211	2 máx	2 máx
Pérdidas en ensayo de solidez en sulfato de sodio (%)	E-220	12 máx	12 máx
Límite líquido	E-125	40 máx	-
Índice plástico	E-126	6 máx	NP
Equivalente de arena	E-133	25 máx	30 máx

<sup>5</sup> Cfr. Menéndez Acurio, 2009.

Valor de azul	E-235	-	10 máx
Índices de alargamiento y aplastamiento	E-230	-	35 máx
Partículas con una cara fracturada mecánicamente (%)	E-227	-	60 máx
Angularidad de la fracción fina	E-239	-	35 máx
CBR	E-148	40 min	80-100

**Fuente: Manual de Pavimentos Suelos y Geotecnia – Ministerio de Transporte y Comunicaciones**

### **2.2.10. Estabilización De Suelos**

La estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose una capa de asiento del firme estable y durable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas y por ende asegure geotécnicamente el comportamiento de la explanada.<sup>6</sup>

La estabilización es la modificación de una irregularidad con la finalidad de darle una notable resistencia al suelo, otro fin también es reducir el índice de plasticidad que posee el suelo en análisis. Por ello existen tres formas de lograrlo estas son: estabilización física, estabilización química y estabilización mecánica.

#### **2.2.10.1. TIPOS DE ESTABILIZACION**

##### **2.2.10.1.1. FISICA**

Su finalidad es producir notables cambios físicos en el suelo.

Los métodos usados son:

---

<sup>6</sup> **ZULUAGA ANGEL, DIEGO FERNANDO . EL USO DE LA CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (ANDOSOLES). UN CASO PARTICULAR.** Colombia : s.n., 2005.

- **Mezclas de Suelos:** Es necesario que adicional a esta mezcla, el suelo sea compactado ya que por sí sola no origina cambios notables. Por ejemplo, los suelos de grano grueso como las grava-arenas limpias tienen una alta fricción interna que les permite soportar grandes esfuerzos, pero esta cualidad no hace que sea estable como para ser pavimento de una carretera ya que al no tener cohesión sus partículas se mueven libremente y con el paso de los vehículos se pueden separar e incluso salirse del camino. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013)

Las arcillas, por lo contrario, tienen una gran cohesión y muy poca fricción lo que provoca que pierdan estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla adecuada de estos dos tipos de suelo puede dar como resultado un material estable en el que se puede aprovechar la gran fricción interna de uno y la cohesión del otro para que las partículas se mantengan unidas. (**ZULUAGA ANGEL, DIEGO FERNANDO . EL USO DE LA CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (ANDOSOLES). UN CASO PARTICULAR.** Colombia : s.n., 2005.)

- **Compactación (Mecánica de Suelos)**

La finalidad de este método es la mejora de las características mecánicas del suelo, compactándolo por a través vibraciones obteniendo una mayor capacidad de carga, disminuyendo los asentamientos.

En suelos granulares con alto índice de vacíos es posible generar una compactación mediante la redistribución de sus partículas. En el caso de estos suelos la mejor forma de generar el reacomodo de los granos es por medio de vibraciones. Además, la presencia de agua disminuye la fricción entre partículas del suelo, las cuales por gravedad se van depositando de una manera más óptima, generando una masa de suelo más compacta.<sup>7</sup>

#### **2.2.10.1.2. QUIMICA**

Para este tipo de estabilización se hace uso de algunas sustancias químicas siendo este uso sustitutivo de iones metálicos y este tipo de estabilización tiene como finalidad cambios en la constitución de los suelos en estudio.

- Cal: Reduce la plasticidad de los suelos arcillosos.
- Cemento Portland: Su uso es principalmente en arenas y gravas finas, este material aumenta su resistencia
- Emulsiones Asfálticas: Usualmente usada para material triturado sin cohesión.
- Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio: Su uso es principalmente en arcillas y limos estos materiales ayuda a impermeabilizar y disminuir la producción de polvos en el suelo.
- Escorias de Fundición, Polímeros y Caucho de Neumáticos: A menudo es usado en carpetas asfálticas con el fin de otorgarles mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

#### **2.2.10.1.3. MECANICA**

---

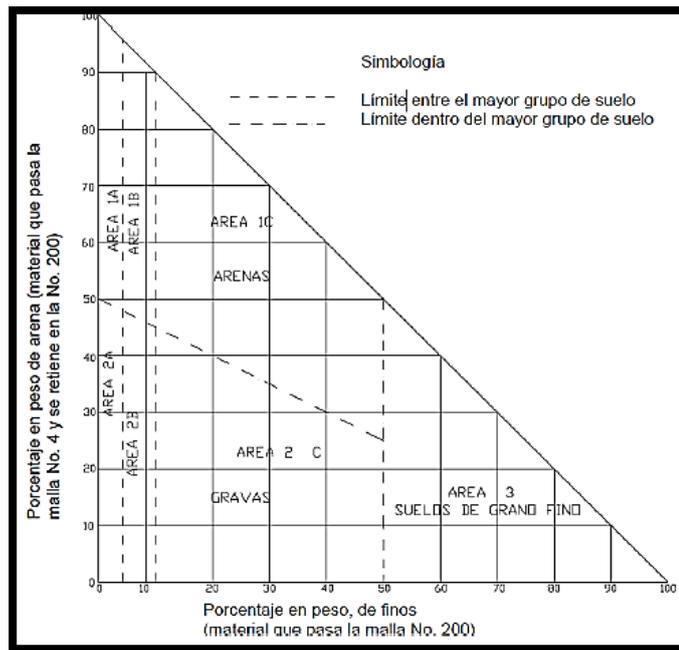
<sup>7</sup> Castillo Jofré, Paulo , Guerman Rodríguez, Franz y Jamett Quezada, Esteban . *VIBROFLOTACIÓN COMO MÉTODO DE MEJORAMIENTO DE SUELOS*. Chile, 2014.

Tipo de estabilización con la cual se logra considerables mejoras en el suelo sin producir reacciones químicas.

A continuación, se describen algunos criterios que recomienda el MTC (2013b) para establecer la estabilización de suelos: magnitud, en el mismo.

- Para poder estabilizar los suelos es necesario determinar el tipo de suelo existente.
- A continuación, se presentan dos guías referenciales para la selección del tipo de estabilizador que satisface las restricciones y observaciones de cada tipo de suelo. Cada estabilizador tiene diferentes efectos y resultados dependiendo al tipo de suelo como se observa en las siguientes tablas, las siguientes tablas se basan en la utilización del estabilizador idóneo dependiendo al material a utilizar así podemos descartar algunos estabilizadores y quedarnos con solo algunos de los que se nos recomienda.

Una vez seleccionado el tipo de estabilizador, la tabla 5 nos resume algunas sugerencias para aplicar el tipo de estabilizador seleccionado.



**Figura 6: Triángulo de gradación**

**Fuente: Garnica y otros .2002**

**Tabla 5: Guía Referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 1)**

Área	Clase de suelo	Tipo de estabilizador recomendado	Restricción en $I_p$ e $i_r$ del suelo	Restricción en el porcentaje que pasa la malla 200	Observaciones
1 A	SW o SP	(1) Asfalto			
		(2) Cemento Portland			
		(3) Cal-cemento-cenizas volantes	$I_p$ no excede de 25		
1 B	SW - SM o SP - SM o SW - SC o SP - PC	(1) Asfalto	$I_p$ no excede de 10		
		(2) Cemento Portland	$I_p$ no excede de 30		
		(3) Cal	$I_p$ no menor de 12		

		(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
1 C	SM o SC o SM-SC	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	
		(2) Cemento Portland	(b)		
		(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2 A	GW o GP	(1) Asfalto			Solo material bien graduado.
		(2) Cemento Portland			El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
		(3) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2B	GW - GM	(1) Asfalto IP no excede de 10			Solo material bien graduado.
	GP - GM	(2) Cemento Portland	IP no excede de 30		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla n <sup>a</sup> 4.
	GW - GC	(3) Cal	IP no menor de 12		

	GP-GC	(4) Cal-cemento-cenizas volantes	IP no excede de 25		
2C	GM	(1) Asfalto	IP no excede de 10	No debe exceder el 30% en peso	Solo material bien graduado.
	GC	(2) Cemento Portland	(b)		El material deberá contener cuanto menos 45% en peso de material que pasa la malla 4.
	GM - GC	(3) Cal	IP no menor de 12		
		(4) Cal-cemento-ceniza	IP no excede de 25		
3	CH o CL o MH o ML o OH o OL o ML-CL	(1) Cemento Portland	LL no menor de 40 IP no menor de 20		Suelos orgánicos y fuertemente ácidos contenidos en esta área no son susceptibles a la estabilización por métodos ordinarios.
		(2) Cal	IP no menor de 12		
$IP = \frac{\text{Índice plástico (b) IP } 20 + (50 - \text{porcentaje que pasa la malla 200})}{4}$				Sin restricción u observación. No es necesario aditivo estabilizador	

**Fuente: US Army Corps of Engineers.**

**Tabla 6 Guía referencial para la selección del tipo de estabilizador (parte 2)**

Tipo De Estabilizador Recomendado	Normas Técnicas	Suelo (1)	Dosificación (3)	Curado (Apertura) Al Tránsito (5)	Observaciones
Cemento	EG-CBT-2008 Sección 3058 ASTM C150 AASHTO M85	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6 y A-7 LL<40% IP<= 18% CMO (2) < 1.0% Sulfatos (SO4 2) <0.2% Abrasión < 50% Durabilidad SO4Ca (4) - AF <= 10% - AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%	2 -12%	7 días	Diseño de mezcla de acuerdo a recomendaciones de la PC A (Portland Cement Association)
Emulsión	ASTM D2397 o AASHTO M208	A-1, A-2 y A3 Pasante malla N5 200<= 10% IP <= 8% Equiv. Arena >40% CMO (2) <1.0% Sulfatos (SO4 2) <0.6% Abrasión < 50% Durabilidad SO-4Ca (4) - AF <= 10% -AG <= 12% Durabilidad SO4 Mg - AF <= 15% - AG <= 18%	4-8%	Mínimo 24 horas	Cantidad de aplicación a ser definida de acuerdo a resultados del ensayo Marshall modificado o Illinois
Cal	EG-CBT-2008 Sección 3078	A-2-6, A-2-7, A-6 y A-7 10% <= IP <= 50% CMO (2) < 3.0%	2-8%	Mínimo 72 horas	Para IP >50%, se puede aplicar cal en dos etapas Diseño de mezcla

	AASHTO M216 ASTM C977	Sulfatos (SO <sub>4</sub> 2) <0.2% Abrasión < 50%			de acuerdo a la Norma ASTM D 6276
Cloruro de Calcio	ASTMD98 ASTM D345 ASTM E449 MTC E 1109	A-1, A-2, A-3 IP ≤ 15% CMO (2) < 3.0% Sulfatos (SO <sub>4</sub> 2) <0.2% Abrasión < 50%	1 a 3% en peso del suelo seco	24 horas	
Cloruro de Sodio	EG-CBT-2008 Sección 309B ASTME534 MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 8% ≤ IP ≤ 15% CMO (2) <3.0% Abrasión < 50%	50-80 kg/m <sup>3</sup>	07 días	La cantidad de cal depende de los resultados (dosificación) y los tramos de prueba sal los y
Cloruro de Magnesio	MTC E 1109	A-1, A-2 y A-3 IP ≤ 15% CMO (2) <3.0% pH: mínimo 5 Abrasión <50%	50-80 kg/m <sup>3</sup>	48 horas	La cantidad de sal depende de los resultados laboratorio (dosificación) tramo de prueba
Enzimas	EG-CBT-2008 Sección 308B MTC E 1109	A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7 6% ≤ IP ≤ 15% 4.5 < pH <8.5 CMO (2) No debe contener Abrasión < 50% %<N°200:10-35%	1L/30-33 m <sup>3</sup>	De acuerdo a Especificaciones del fabricante	
Aceite Sulfonados		Aplicable en suelos con partículas finas limosas o arcillosas, con LL bajo, arcillas y limos muy plásticos CMO (2) <1.0% Abrasión < 50%		De acuerdo a Especificaciones del fabricante	

Fuente: US Army Corps of Engineers, citado por MTC 2013b.

### 2.2.10.2. METODOS DE ESTABILIZACION – MTC

A continuación, se describen diferentes tipos de estabilizaciones recomendados por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en el “Manual de pavimentos: suelos, geología, geotecnia y pavimentos”. Cada tipo de estabilización se describe de forma resumida como referencia para la estabilización de la presente investigación.

**a. Estabilización mecánica de suelos**

Con la estabilización mecánica de suelos, se pretende mejorar el material del suelo existente, sin cambiar la estructura y composición básica del mismo. Como herramienta para lograr este tipo de estabilización, se utiliza la compactación, con la cual se reduce el volumen de vacíos presentes en el suelo.

Al compactar un suelo, se obtiene una mayor densidad, por lo que tendremos una mejor distribución de fuerzas que actúan sobre el suelo. Una mayor estabilidad, pues al no compactar un suelo se tendrán asentamientos desiguales. Por lo tanto, inestabilidad de la estructura. Una disminución de la contracción del suelo, al existir espacios vacíos, provocando en suelos arcillosos la contracción y dilatación del suelo y, por último, ocasionará una disminución de los asentamientos (Ravines Merino, 2010).

**b. Estabilización por combinación de suelos**

La estabilización por combinación de suelos considera la combinación o mezcla de los materiales del suelo existente con materiales de préstamo para suplir las carencias de gravas o arenas. El suelo existente se disgregará o escarificará, en una profundidad de 15 centímetros (cm). Luego se colocará el material de préstamo o de aporte. Los materiales disgregados y los de aporte se humedecerán o airearán hasta alcanzar la humedad apropiada de

compactación y previa eliminación de partículas mayores de 75 milímetros (mm), si las hubiere. Luego se procederá a un mezclado de ambos suelos, se formará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de subrasante fijado en el proyecto (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2013b).

**c. Estabilización por sustitución de los suelos**

Cuando se prevea la construcción de la subbase mejorada solo con material adicionado, pueden presentarse dos situaciones, sea que la capa se construya directamente sobre el suelo natural existente o que este deba ser excavado previamente y reemplazado por el material de adición.

En el primer caso, el suelo existente se deberá escarificar, conformar y compactar a la densidad especificada para cuerpos de terraplén en una profundidad de 15 centímetros.

En el segundo caso, el mejoramiento con material totalmente adicionado implica la remoción total del suelo natural existente, según el espesor de reemplazo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2008a).

El MTC (2013b) nos muestra un procedimiento para determinar el espesor de reemplazo en función al valor de soporte. El espesor de material a reemplazar se aplicará solo en casos de subrasantes pobres con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre  $CBR > 3\%$  y  $CBR < 6\%$ .

**d. Suelos estabilizados con cemento**

La combinación suelo cemento produce la reacción del calcio con la sílice y alúmina, produciendo compuestos silicatos y aluminatos que aumentan

lentamente la resistencia de la mezcla, conocido como la acción puzolánica (Montejo Fonseca, 2010).

El contenido óptimo de agua se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos. Las propiedades del suelo-cemento dependen del tipo y cantidad de suelo, cemento y agua; ejecución; edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

La dosificación de cemento para suelo cemento puede fijarse aproximadamente en función del tipo de suelo, así como se muestra en la tabla 7.

**Tabla 7: Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento.**

<b>Clasificación de suelos AASHTO</b>	<b>Rango usual de cemento requerido porcentaje del peso de los suelos</b>
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	8-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

**e. Estabilización con cloruro de sodio**

Este método es utilizado para las capas con cero presencias de agua ya que el cloruro puede ser lavado por el agua con facilidad, su uso de tránsito ligero, este método se utiliza debido al intercambio iónico entre el sodio y los minerales y así produciéndose una acción cementante (Ministerio de

Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2008a).

**f. Estabilización con cloruro de calcio**

Su aplicación es similar a la del cloruro de calcio, este estabilizador ayuda a la compactación y contribuye con la resistencia del suelo. Este estabilizador se encuentra de forma granular u en forma de hojuelas y su dosificación varía entre 1 a 2% dependiendo al peso del material a estabilizar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2008a).

**g. Estabilización con cloruro de magnesio**

El cloruro de magnesio presenta las siguientes características:

- Higroscópica: Posee la capacidad de absorber humedad del ambiente, incluso en zonas sumamente áridas.
- Ligante: Cohesiona las partículas finas, permitiendo consolidar la carpeta de rodado.
- Resistente a la evaporación: Posee una baja tensión de vapor, lo que permite que no se pierda la humedad absorbida.
- Baja temperatura de congelamiento:  $-32.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ .
- Altamente soluble en agua: Permite elaborar una solución en forma rápida y sencilla.

La dosis de cloruro de magnesio se aplica, en una proporción de 3% a 5% en peso del suelo seco. Depende del grado de plasticidad en el material a tratar (a mayor IP, menor cantidad requerida de  $\text{MgCl}$ ). (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2008a):

**h. Estabilización con productos asfálticos**

La mezcla de un suelo con un producto asfáltico puede tener como finalidad:

- Un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante y la presencia de agua las cuales interaccionan con el suelo.
- El suelo se vuelve más impermeable y por ende se vuelve resistente a la humeada. La dosificación necesaria de ligante es función principalmente de la granulometría (superficie específica) del suelo. Los suelos más adecuados son los granulares con pocos finos, de reducida plasticidad, que presentan menos del 20% que pasa la malla 200,  $LL < 30$  e  $IP < 10$ . (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2008a).

#### **i. Estabilización de suelos con cal**

La cal se utiliza para poder aumentar la capacidad de soporte y mejorar las características de un material granular. (Asociación Nacional de Fabricantes de Cales y Derivados de España, 2002).

Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con cal transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables. Adicionalmente, el soporte estructural de los suelos estabilizados con cal puede ser aprovechado en el diseño de pavimentos (Boletín 326, 2006).

En general, casi todos los tipos de suelos susceptibles de estabilizar con cal, pero es más práctico la cal cuando el índice de plasticidad es mayor de 15. La cal produce una disminución de la densidad de los suelos, modifica la plasticidad aumenta la capacidad portante y resistencia al corte del material y reduce su hinchamiento.

La acción de la cal suele explicarse como efectuada por tres reacciones básicas:

- El primer proceso es la alteración de la película de agua que rodea los minerales de arcilla.
- El segundo proceso es de coagulación o floculación de las partículas de suelo.
- El tercer proceso a través de sus componentes. Los dos principales componentes que reaccionan con la cal son la alúmina y la sílice. Esta reacción es prolongada en la acción del tiempo y se manifiesta en una mayor resistencia si las mezclas de suelo-cal son curadas durante determinados lapsos de tiempo. Este es conocido como “acción puzolánica”.

### **2.2.11. Caucho**

El caucho es una sustancia elástica, impermeable y resistente a la abrasión y a la corriente eléctrica. Se extrae por incisión (extracción de la corteza interior) de árboles de origen tropical y semitropical (familias euforbiáceas, asclepiadácea, apocinácea, morácea y compuestas) obtiene del látex de diversas plantas y esp. de la *Hevea brasiliensis*.

La sustancia, conocida en su forma natural por látex, se presenta como un fluido lechoso que, al coagularse, forma un material elástico impermeable. Su uso se ha extendido tanto en la industria que constituye una de las materias primas más importantes del mundo.<sup>8</sup>

---

<sup>8</sup> <http://www.definiciones-de.com/Definicion/de/caucho.php>

### **2.2.11.1. Tipos de caucho**

Existen diversos tipos de caucho como: cauchó silicona, neopreno, natural- NR, NBR, EPDM y el SBR el cual es el caucho utilizado para realizar las llantas y el cual utilizaremos para la siguiente investigación, sus características son las siguientes.

#### **CAUCHO STYRENE BUTADIENE RUBBER (SBR)**

##### *Propiedades*

- Considerable resistencia a la abrasión.
- Usualmente es combinado con el caucho polibutadieno (Br) para ser utilizado en la elaboración de llantas de vehículos.
- Uso masificado.
- Débil frente a los factores como el ozono y radiación UV por eso requiere de agentes de protección
- Frecuentemente usado en prácticas como soportes, apoyos, transmisión de movimiento, entre otros.
- Su máxima temperatura de servicio es 100°C
- Es considerado un caucho para la elaboración de artículos de uso general y de bajo costo

### **2.2.11.2. Caucho Reciclado**

El incremento del parque automotor en el año 2017 fue de un 14.9% con respecto al año 2016 lo cual tiene una relación directamente proporcional a las ventas de llantas que se registran anualmente en el país. El problema de las ventas de las llantas es que al mismo tiempo que se compran una cantidad determinada de

llantas el resto se desecha, en el Peru solo se reutiliza el 4% y el resto es desechado. (Comunicaciones, 2013b)

Las llantas son un desecho que tienen un impacto en la naturaleza, el reciclaje de este material con lleva al cuidado del medio ambiente, existen diversos métodos de reciclaje del caucho proveniente de las llantas de los vehículos como; los métodos de calor y los métodos físicos.

Para la investigación se obtuvo el caucho reciclado mediante el método físico ya que se tallo manualmente el caucho y así se obtuvo el material necesario para los diversos ensayos.

Lo esencial es poder reutilizar al 100% el material del caucho y así reducir la contaminación que se produce cuando se desecha este material al medio ambiente. (De La Pared Condo, Daniel. "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ADICIONES DE CAUCHO RECICLADO". Guayaquil , Ecuador : s.n., 2017.)



**Figura 7: Fibra de Caucho**

**Fuente : Imagen propia**

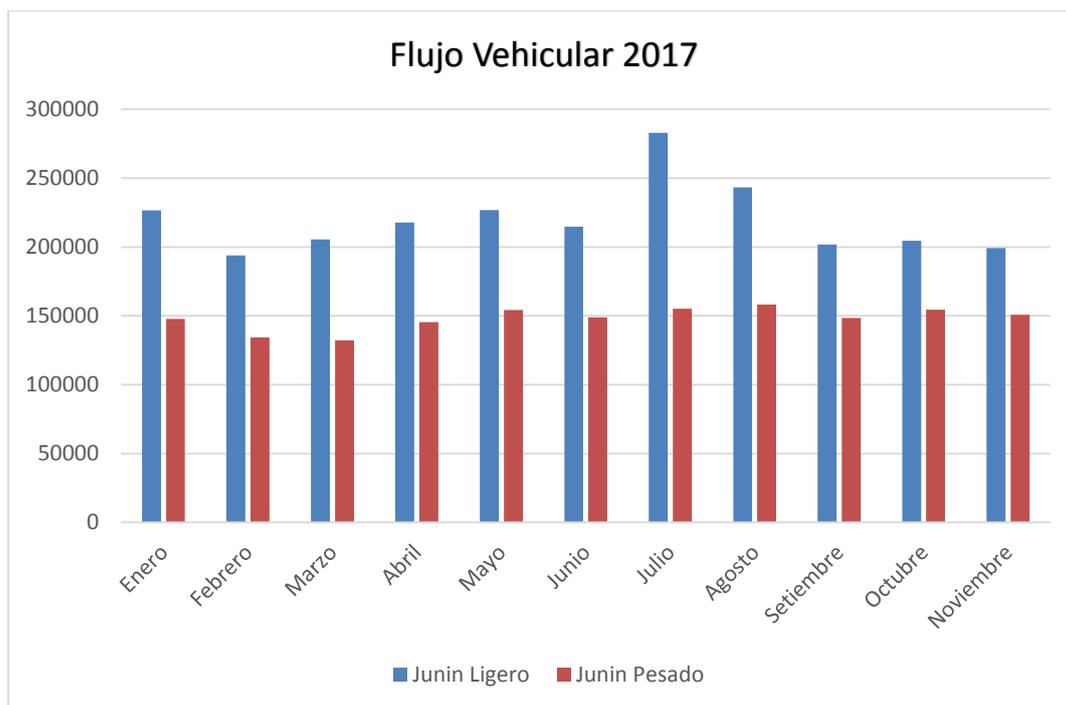
Según el MTC el flujo vehicular en la region Junin en el año 2017 fue la siguiente.

**Tabla 8: Flujo Vehicular ligero - Pesado**

2017 flujo vehicular ligero - Pesado											
R.Junin	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre
Junin Ligero	226647	193955	205514	217758	226897	214672	282916	243332	201854	204469	199296
Junin Pesado	147830	134302	132187	145422	154279	148872	155228	158222	148389	154393	150691

**Fuente : MTC -2018**

En la siguiente figura se observa que el flujo vehicular es mayor en los meses de enero y julio.



**Figura 8: Flujo Vehicular**

**Fuente : MTC -2018**

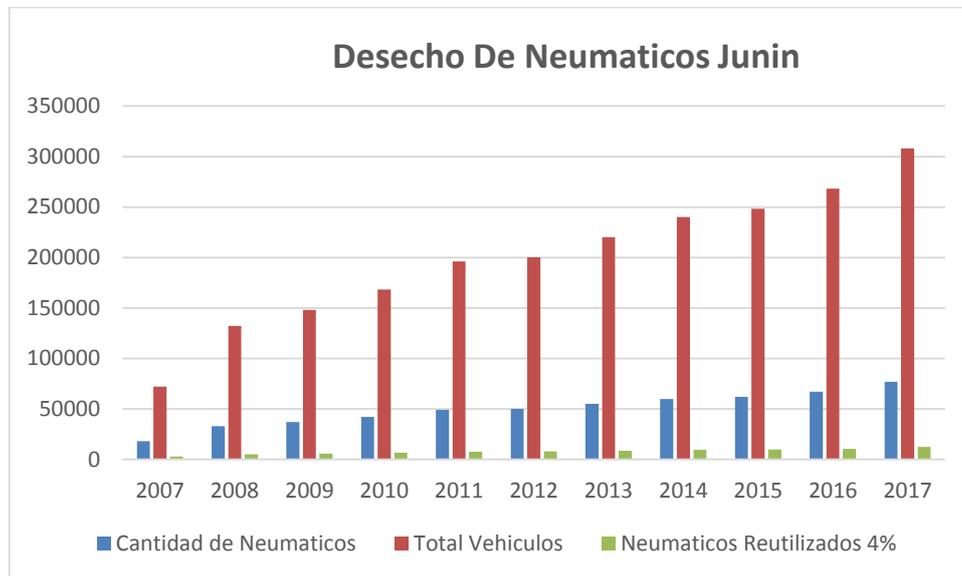
En la region Junin solo el 4% del caucho es reutilizado, tambien se observa que el parque automor en los ultimos 10 años se ha incrementado.

**Tabla 9: Desechos de Neumaticos Junin**

Desechos de Neumaticos Junin											
R.Junin	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Total Vehiculos	18049	33049	37049	42049	49049	50049	55049	60049	62049	67049	77049
Cantidad Neum	72196	132196	148196	168196	196196	200196	220196	240196	248196	268196	308196
Cantidad Reut 4% (MTC)	2888	5288	5928	6728	7848	8008	8808	9608	9928	10728	12328

**Fuente : MTC -2018**

En la siguiente figura se muestra la cantidad de neumáticos reutilizados en los últimos 10 años considerando que el 4% se ha reutilizado.



**Figura 9: Desecho de Neumaticos Junin**

**Fuente : MTC -2018**

### **2.2.12. Ensayos De Laboratorio**

#### **2.2.12.1. Análisis granulométrico por tamizado**

(Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016). Este modo operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el de 74 mm (200).

#### Referencias normativas:

*MTC E 107, Análisis granulométrico de suelos por tamizado.*

#### **Equipos y accesorios:**

- Dos balanzas una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N°4). Otra con sensibilidad de 0,1% del

peso de la muestra para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N°4).

- Horno
- Bandejas, cepillos y brochas.

**Muestra:**

- Muestra de la cantera de Chupuro aproximadamente 5kg.

**Procedimientos:**

- Pesar la muestra representativa (obtenido del cuarteo) y llevarla al horno por 24 horas.
- Se realiza un lavado por la malla 200, se echa la muestra en porciones, de forma que no se pierda partículas mayores a 0.074 mm.
- Una vez lavada la muestra por la malla 200, el material retenido debe secarse en el horno por 24 horas. Luego de esa etapa, se enfría la muestra y se pesa. Así, se obtiene el peso lavado y secado al horno.
- La muestra se echa por la parte superior de la serie de tamices y luego se sacude por espacio de diez a quince minutos. Se debe tener cuidado de no perder material durante el zarandeo.
- Luego de tamizado se procede a pesar el material retenido en cada malla.

**Ecuaciones:**

Se calcula el porcentaje retenido en cada tamiz y se aplica la siguiente ecuación:

$$\% \text{ retenido} = \frac{\text{Peso retenido en el tamiz}}{\text{Peso total de la muestra}} \times 100$$

Finalmente es necesario graficar la curva granulométrica en un formato semilogarítmico.

El objetivo es determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo hasta el de 0.074 mm (malla 200).

9

#### ***2.2.12.2. Determinación de límite líquido, límite plástico e índice plástico***

Límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. El límite plástico es el porcentaje de humedad, cuando el suelo está entre el estado plástico y el estado semisólido. El índice plástico se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y plástico. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016).

#### **Referencias normativas**

*MTC E 110: Determinación del límite líquido de los suelos.*

*MTC E 111: Determinación del límite plástico e índice de plasticidad.*

#### **Equipos y accesorios:**

- Recipientes para almacenaje y mezcla.
- Tamiz 40.
- Espátula de hoja flexible.
- Aparato del límite líquido (copa de Casagrande) con su acanalador.

---

<sup>9</sup> *MTC E 107, Análisis granulométrico de suelos por tamizado*

- Cápsulas para obtener el contenido de humedad balanza.
- Una balanza con sensibilidad de 0.1 gr.
- Horno de secado.
- Pipeta con agua.
- Placa de vidrio esmerilado de por lo menos 30 centímetros. De lado, de forma cuadrada por 1 centímetro de espesor.

**Muestra:**

Para el límite líquido obtener una muestra seca de 150 a 200 gr. Del material de Chupuro pasante el tamiz 40 y 25 gr para el límite plástico también pasante del tamiz N° 40.

Para el límite líquido es necesario realizar 3 ensayos de copa de Casagrande.

Para el límite plástico es necesario obtener 3 taras con cilindros de suelo ensayados.

**Procedimientos:**

- Determinación del límite líquido.
- Colocar el suelo pasante malla 40 en una vasija de evaporación y añadir una pequeña cantidad de agua. Dejar que la muestra se humedezca.
- Mezclar con ayuda de la espátula hasta que el color sea uniforme y conseguir una mezcla homogénea.
- Se coloca una pequeña cantidad de masa húmeda en la parte central de la copa y se nivela la superficie, luego se pasa el acanalador por el centro de la copa para cortar en dos la pasta de suelo.

- Poner en movimiento la cazuela con ayuda de la manivela y suministrar los golpes a una velocidad de dos golpes por segundo que sean necesarios para cerrar la ranura en 12.7 mm cuando se cierre la ranura, registrar la cantidad de golpes y tomar una muestra de la parte central para la determinación del contenido de humedad.
- Este proceso se repite nuevamente con tres muestras más para lograr cuatro puntos a diferentes contenidos de humedad.

***Determinación de límite plástico:***

El límite plástico es la humedad correspondiente en el cual el suelo se cuarteo y quiebra al formar pequeños rollitos de 3.2 mm de diámetro.

Se trabaja con el material preparado para el límite líquido se toma aproximadamente 20 gr.

Se amasa el suelo y se deja que pierda humedad hasta una consistencia a la que pueda enrollarse sin que se pegue a las manos esparciéndolo y mezclándolo continuamente sobre la placa de vidrio, la prueba continúa hasta que el rollito empieza a rajarse y tiende a desmoronarse.

Una vez que se ha producido el límite plástico se debe colocar el rollito en un recipiente de peso conocido y se pesa para determinar el contenido de humedad.

**Ecuaciones:**

El índice de plasticidad del suelo se obtiene de la siguiente diferencia.

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP = índice de plasticidad.

LL = límite líquido.

LP = límite plástico.

Límite líquido es el contenido de humedad por debajo del cual el suelo se comporta como un material plástico. El límite plástico es el porcentaje de humedad, cuando el suelo está entre el estado plástico y el estado semisólido. El índice plástico se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y plástico, indicando la variación de la plasticidad del suelo. Los límites de Atterberg nos permiten clasificar e identificar los suelos.

### **2.2.12.3. Proctor Modificado**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 o 6 pulgadas (de 101,6 a 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una energía de compactación de 56.000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2.700 kN-m/m<sup>3</sup>) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016).

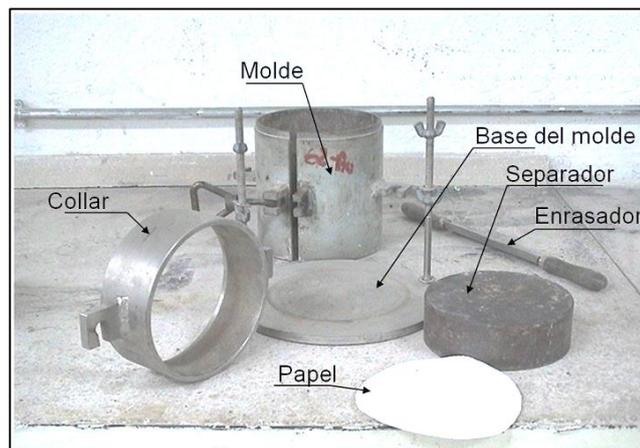
Este ensayo se aplica solo para suelos que tienen 30% o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4 pulg (19,0 mm).

### **Instrumentos**

- Ensamblaje del molde. Los moldes deben ser cilíndricos hechos de materiales rígidos. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo

“partido” deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección.

- El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.
- Molde de 4 pulgadas. Un molde que tenga en promedio  $4,000 \pm 0,016$  pulg ( $101,6 \pm 0,4$  mm) de diámetro interior, una altura de  $4,584 \pm 0,018$  pulg ( $116,4 \pm 0,5$  mm) y un volumen de  $0,0333 \pm 0,0005$  pie<sup>3</sup> ( $944 \pm 14$  cm<sup>3</sup>).



**Figura 10: Equipos para Ensayo Proctor Modificado**

**Fuente: MTC.**

- Molde de 6 pulgadas. Un molde que tenga en promedio  $6,000 \pm 0,026$  pulg ( $152,4 \pm 0,7$  mm) de diámetro interior, una altura de  $4,584 \pm 0,018$  pulg ( $116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de  $0,075 \pm 0,0009$  pie<sup>3</sup> ( $2\ 124 \pm 25$  cm<sup>3</sup>).
- Pisón o martillo. Un pisón operado manualmente o mecánicamente. El pisón debe caer libremente a una distancia de  $18 \pm 0,05$  pulg ( $457,2 \pm 1,6$  mm) de la superficie de espécimen.

- Extractor de muestras (opcional). Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- Balanza. Una balanza de aproximación de 1 gramo.
- Horno de secado. Con control termostático, preferiblemente de tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C) a través de la cámara de secado.
- Regla. Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente, pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,005$  pulg ( $\pm 0,1$  mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).
- Tamices o mallas. De  $\frac{3}{4}$  pulg (19,0 mm),  $\frac{3}{8}$  pulg (9,5 mm) y malla 4 (4,75 mm), según los requisitos de las especificaciones ASTM E11 (especificación para mallas metálicas con fines de ensayo).
- Herramientas de mezcla. Diversas herramientas, como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etcétera, o un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

**Tabla 10: Métodos Proctor Modificado**

CARACTERISTICA	METODOS PROCTOR MODIFICADO		
	METODO A	METODO B	METODO C
TIPO DE MOLDE	Molde. 4 pulg de diámetro (101,6 mm).	Molde. 4 pulg (101,6 mm) de diámetro.	Molde. 6 pulg (152,4mm) de diámetro.
MATERIAL EMPLEADO	Se emplea el que pasa por el tamiz 4 (4,75 mm).	Se emplea el que pasa por el tamiz de $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm).	Se emplea el que pasa por el tamiz $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm).
NUMERO DE CAPAS COMPACTADAS	Capas. 5	Capas. 5	Capas. 5

NUMERO DE GOLPES POR CAPA	Golpes por capa. 25	Golpes por capa. 25	Golpes por capa. 56
RESTRICCIONES DE USO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Uso. Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4 (4,75 mm).</li> <li>• Otros usos. Si el método no es especificado, los materiales que cumplen estos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando método B o C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos. Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4 (4,75mm) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).</li> <li>• Otros usos: Si el método no es especificado y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando método C.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Usos. Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).</li> <li>• El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A o B.</li> </ul>

Fuente. MTC.

### Muestras

Para cada ensayo es necesario utilizar 18kg de los cuales se realizará 3 ensayos con diferentes porcentajes de humedad y así obtener la curva de humedad vs densidad, de ahí obtendremos la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH) necesario para el ensayo de CBR.

#### 2.2.12.4. Valor De Soporte De California

Este ensayo mide la carga que se necesita para penetrar un pistón con un diámetro ya establecido y una velocidad dada (constante), en una muestra previamente compactada en condiciones determinadas de humedad y densidad (OCH y MDS), para después sumergirlo en agua durante cuatro días para poder medir la expansión o el asentamiento que se podría producir en el material. El CBR se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, sub base y de afirmado. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

Simulamos la acumulación de humedad de un suelo expuesto al medio ambiente cuando lo sumergimos en agua. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

El CBR se obtiene de una relación de carga unitaria necesaria para lograr cierta profundidad de penetración en el suelo previamente compactado con un contenido de humedad ya establecido. (Manual de ensayo de materiales, 2016)

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria del ensayo} * 100\%}{\text{Carga unitaria patrón}}$$

Parámetros obtenidos en el ensayo CBR:

- Determinación de la densidad y humedad.
- Determinación de las propiedades expansivas del material.
- Determinación de la resistencia a la penetración

### **Instrumentos**

- Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05”) por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10,000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.
- Molde de metal cilíndrico de 152,4 mm ± 0.66 mm (6 ± 0.026”) de diámetro interior y de 177,8 mm ± 0.46 mm (7 ± 0.018”) de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0”) de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8”) de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16”), las que deberán estar uniformemente

espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro. La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- Disco espaciador de metal circular de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de  $61,37 \pm 0,127$  mm ( $2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor modificado (equipo modificado).
- Aparato medidor de expansión compuesto por:
  - Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura.
  - Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de este y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001").
- Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de  $4,54 \pm 0,02$  kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de  $2,27 \pm 0,02$  kg.

Las pesas anular y ranurada deberán tener de 5 7/8" a 5 15/16" (de 149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro. Además de tener la pesa anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

- Pistón de penetración metálico de sección transversal circular de  $49.63 \pm 0,13$  mm ( $1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de 19.35 cm<sup>2</sup> (3 pulgadas<sup>2</sup>) y con

longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas según el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4”).

- Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1”) y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001”), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra. • Una poza con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua. • 2.10 estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  ( $230 \pm 9^{\circ}\text{F}$ ). • Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1,000 gramos con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente. • Tamices de 4.76 mm (4), 19.05 mm (3/4”) y 50,80 mm (2”). • Misceláneos de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etcétera.



**Figura 11 Equipos para ensayo de CBR**

**Fuente. Propia.**

## **CAPITULO III: METODOLOGIA**

### **3.1. Método General: Método Científico Y Metodología**

El método específico es el experimental, porque la investigación se apoya en la observación de fenómenos provocados o manipulados en laboratorio (Ccanto, 2010) y es una situación de control en la que se manipulan de manera intencional, una o más variables independientes (causas) para analizar las consecuencias de tal manipulación sobre una o más variables dependientes (efecto)

El diseño de investigación es el pre experimental y se define como el resultado pretest a los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio del suelo de base de las muestras de estudio sin la adición de fibra de caucho, y el postest son las distintas dosificaciones en porcentajes del caucho reciclado.

Para estabilizar la base de baja resistencia con un nuevo método como es la adición de fibra de caucho reciclado, se seleccionaron muestras críticas según los ensayos básicos realizados en el laboratorio, para luego ser analizados y ver el comportamiento ante la adición en diferentes porcentajes de fibra de caucho reciclado, para luego ser comparado con muestras sin aditivos.

### **3.2. Método Aplicado**

El método aplicado es el cuantitativo porque usa la recolección de datos para probar hipótesis, con base en la medición numérica para establecer patrones de comportamiento y probar teorías.

### **3.3. Población Y Muestra**

Material granular de la ciudad de Huancayo utilizado para bases granulares.

Caucho Reciclado.

### **3.4. Muestra**

La muestra que se analiza en esta investigación es obtenida de la cantera de Chupuro, de la Provincia de Huancayo, departamento de Junín - Perú

Fibra de caucho tallado.

### **3.5. Técnica E Instrumentos De Recolección De Datos**

#### **3.5.1. Técnicas**

Extracción de la muestra de la cantera de Chupuro, necesaria para los ensayos.

- Se determinó la cantidad de material para la elaboración de 27 CBR. Siendo un total de 8316 gramos de caucho obtenido mediante el tallado manual del caucho reciclado en laboratorio.
- Determinar las propiedades del material granular, tales como: Granulometría, límites de consistencia, MDS, OCH y valor CBR.
- Dosificar el material con diferentes dosificaciones de fibra de caucho tallado.
- Obtención de las propiedades del material granular con diferentes dosificaciones de fibra de caucho tallado, tales como: MDS, OCH y calor CBR.
- Finalmente, se analizó estadísticamente, se interpretó y elaboro las conclusiones y recomendaciones.

#### **3.5.2. Instrumentos**

Los instrumentos que se utilizaron para la presente investigación fueron: equipos de laboratorio para el ensayo de la muestra, equipo de cómputo (para el proceso de datos), información bibliográfica y manuales de laboratorio, equipos fotográficos, calculadoras y materiales de apunte.

Para los ensayos de laboratorio se utilizaron los siguientes equipos:

- Tamices normados.

- Copa de Casagrande.
- Horno Temporizado.
- Prensa de Marshall.
- Moldes de Proctor y CBR.

### 3.6. Procedimiento Metodológico

- a) **Obtención de la muestra:** La muestra se obtuvo del acopio de material en la cantera de Chupuro. Se recopiló un aproximado de 898 kg de muestra en cinco viajes necesario para realizar cada uno de los ensayos y con un excedente de un 0.1% para imprevistos.
- b) **Preparación de la muestra:** La muestra de suelo se trasladó a las instalaciones del laboratorio, donde se depositó la muestra y esparció para realizar los ensayos de contenido de humedad, granulometría, Proctor y CBR.
- c) **Obtención de la fibra:** La fibra de caucho reciclado se obtuvo de forma artesanal (Tallado), primero se obtuvieron 20 cámaras de bicicletas, las que se recolectan de vulcanizadores para posteriormente ser cortadas en dimensiones de 1mm – 5cm (Ancho-largo).
- d) **Ensayo en la principal muestra (patrón):** Se realizaron los ensayos a la muestra patrón (sin aditivo) para caracterizar sus propiedades. Los ensayos fueron: contenido de humedad, granulometría, clasificación de suelos, proctor modificado y CBR. De aquí se puede saber parámetros como W, OCH, MDS, CBR (95% y 100%) que luego se tomaron como valores de referencia para elaborar tablas y cuadros.
- e) **Ensayo en la muestra adicionando caucho reciclado:** Se realizó ensayos a la muestra adicionando fibra de caucho tallado reciclado según porcentaje. Los porcentajes elegidos fueron 0.5%, 1.0%, 1.50, 2.00%, 2.50%, 3.0% ,3.5% ,4.0% con respecto al peso del material necesario para un ensayo a ensayar (6KG). Para cada porcentaje

adicionado se realizaron tres CBR. En total, se realizaron 27 ensayos de CBR incluyendo el ensayo del material en estado natural.

## CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSION

### 4.1. Obtención De Las Propiedades Física Mecánicas Del Material De La Cantera

#### 4.1.1. Análisis Granulométrico Por Tamizado

Este ensayo nos sirve para clasificar los suelos y apreciar las distribuciones granulométricas del suelo. En la tabla 10 se muestra el resumen del ensayo granulometría por tamizado.

**Tabla 11 Análisis Granulométrico - Base Granular**

Tamiz ASTM	Abertura ( mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa
			Parcial	Acumulado	
1 1/2"	38.100				100.0
1"	25.400	490.0	9.8	9.8	90.2
3/4"	19.050	396.0	7.9	17.7	82.3
1/2"	12.700	511.0	10.2	27.9	72.1
3/8"	9.525	291.0	5.8	33.8	66.2
No. 4	4.760	552.0	11.0	44.8	55.2
No. 8	2.360	707.0	14.1	58.9	41.1
No. 10	2.000	568.0	11.4	70.3	29.7
No. 16	1.190	364.0	7.3	77.6	22.4
No 30	0.600	560.0	11.2	88.8	11.2
No. 40	0.420	182.0	3.6	92.4	7.6
No. 50	0.300	108.0	2.2	94.6	5.4
No. 100	0.149	167.0	3.3	97.9	2.1
No. 200	0.075	87.0	1.7	99.7	0.3
< No. 200		15.0	0.3	100.0	

Fuente: Elaboración Propia

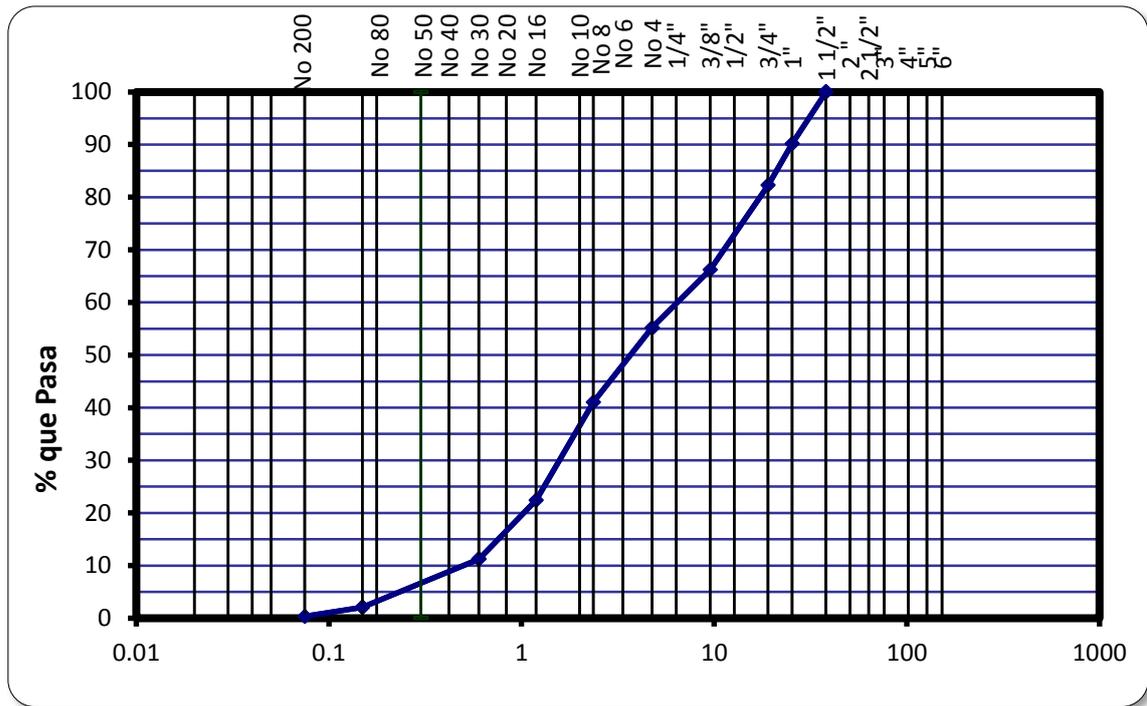


Figura 12 Curva Granulométrica - Base Granular

Tabla 12: Resumen granulométrico

<b>Peso Inicial (g) :</b>	5000.00	<b>Peso Fracción (g) :</b>	2242.00
<b>Material Grueso &gt; N° 16: (g):</b>	3879.00		
<b>Material Fino &lt; N° 16: (g) :</b>	1119.00		

Tabla 13: Porcentajes De Retenidos Según Material

Grava	44.8
Arena	58.9
Ret_N_200	99.7
Finos	0.3

Se aprecia de los resultados que la muestra que presenta grava limosa, mezcla grava - arena - limo

Tabla 14: Clasificación del suelo.

<b>CLASIFICACIÓN SUCS :</b>	<b>GC</b>
<b>CLASIFICACIÓN AASHTO :</b>	<b>A-2</b>

#### 4.1.2. Determinación De Límite Líquido, Límite Plástico E Índice Plástico

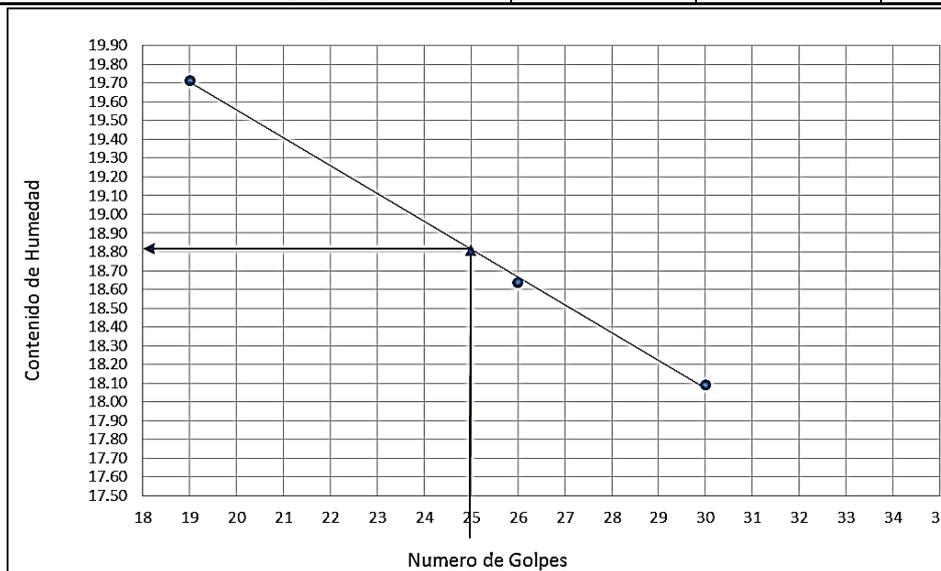
Como se aprecian luego de los ensayos de limite plástico y limite liquido los cuales están normados según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones en la sección MTC E 110 y MTC E 111, detalla que para la obtención del límite se utilizó la copa de caza grande para poder medir el óptimo a 25 golpes y para el caso de limite plásticos detalla que se debe formar barritas de 3.2 mm de diámetro a partir del pasante en el tamiz N° 40.

También se aprecia que cumple los requerimientos del Ministerio de Transportes de comunicaciones el cual nos indica que el limite liquido será máximo 40 y el índice plástico máximo 6.

**Tabla 15: Limite Plástico y Limite Líquido**

	<b>LIMITE PLASTICO (MTC E 111)</b>		<b>HUM. NAT. (MTC E 108)</b>
<b>Capsula Nro.</b>	<b>T-01</b>	<b>T-02</b>	<b>T-01</b>
Peso de la Capsula (g)	36.70	38.10	51.9
Peso de la Capsula+Suelo Húmedo (g)	<b>49.10</b>	<b>50.9</b>	<b>1144.6</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>47.30</b>	<b>49.00</b>	<b>1009.5</b>
Peso del Agua (g)	1.80	1.90	135.1
Peso del Suelo Seco (g)	10.60	10.90	957.6
Contenido de Humedad (%)	16.98	17.43	14.11
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.21</b>		<b>14.11</b>
	<b>LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)</b>		
<b>Capsula Nro.</b>	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
Peso de la Capsula (g)	56	52.5	52.5
Peso de la Capsula+Suelo Húmedo (g)	114.90	118.70	110.60
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	105.20	108.3	101.70
Numero de Golpes	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>30</b>
Peso del agua (g)	9.7	10.40	8.90
Peso del Suelo Seco (g)	49.2	55.8	49.20

Contenido de Humedad (%)	19.72	18.64	18.09
--------------------------	-------	-------	-------



**Figura 13: Grafica Límite Líquido**

**Tabla 16: Constantes Físicas**

<b><u>CONSTANTES FÍSICAS</u></b>		
<b>LIMITELIQUIDO: 18.8</b>	<b>LIMITE PLÁSTICO: 17.2</b>	<b>IND. PLASTICIDAD: 1.6</b>

#### 4.1.3. Proctor Modificado

Para el desarrollo de este ensayo establecido en la sección MTC E 115 utilizamos un procedimiento de compactación para poder obtener una relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco, el pisón de 44.5N el cual cae a una altura de 18 pulg con lo cual se produce una energía de compactación de 56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>.

El método ensayado fue el método C con un molde de 6 pulg de diámetro, material pasante del tamiz 3/4, con 5 capas y 56 golpes por cada capa.

Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).

**Tabla 17: Proctor Modificado primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11271</b>	<b>11572</b>	<b>11608</b>	<b>11439</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4781	5082	5118	4949
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.293	2.437	2.455	2.374
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>358.3</b>	<b>354.8</b>	<b>378.5</b>	<b>312.9</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>354.0</b>	<b>342.3</b>	<b>359.3</b>	<b>295.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.3	12.5	19.2	17.9
Peso del suelo seco	gr.	297.7	290.9	301.2	245.9
Contenido de agua	%	1.4	4.3	6.4	7.3
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.260</b>	<b>2.337</b>	<b>2.308</b>	<b>2.213</b>

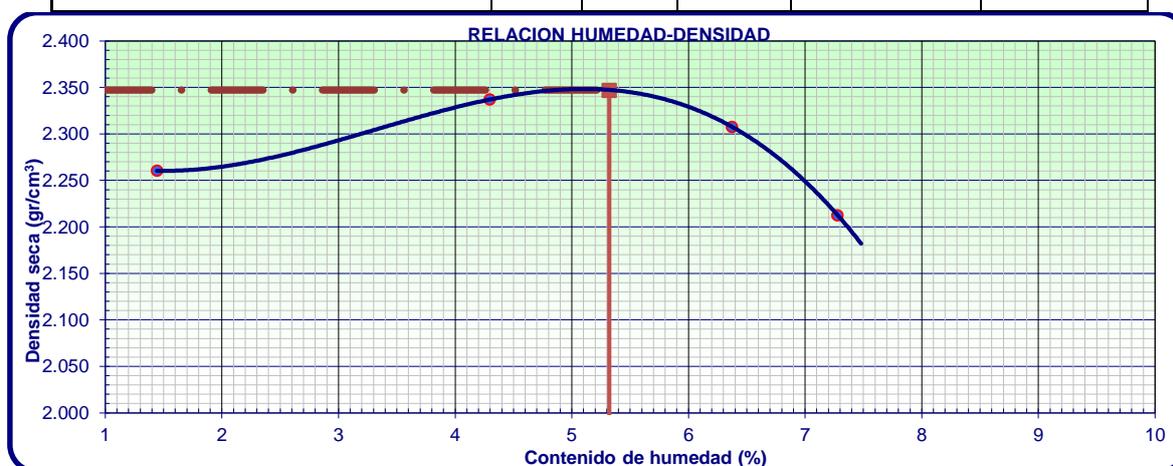
**Tabla 18: Proctor Modificado segundo ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11296</b>	<b>11652</b>	<b>11559</b>	<b>11443</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4806	5162	5069	4953
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.305	2.476	2.431	2.376
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>307.7</b>	<b>330.4</b>	<b>368.3</b>	<b>342.4</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>299.5</b>	<b>315.9</b>	<b>346.8</b>	<b>317.8</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	8.2	14.5	21.5	24.6

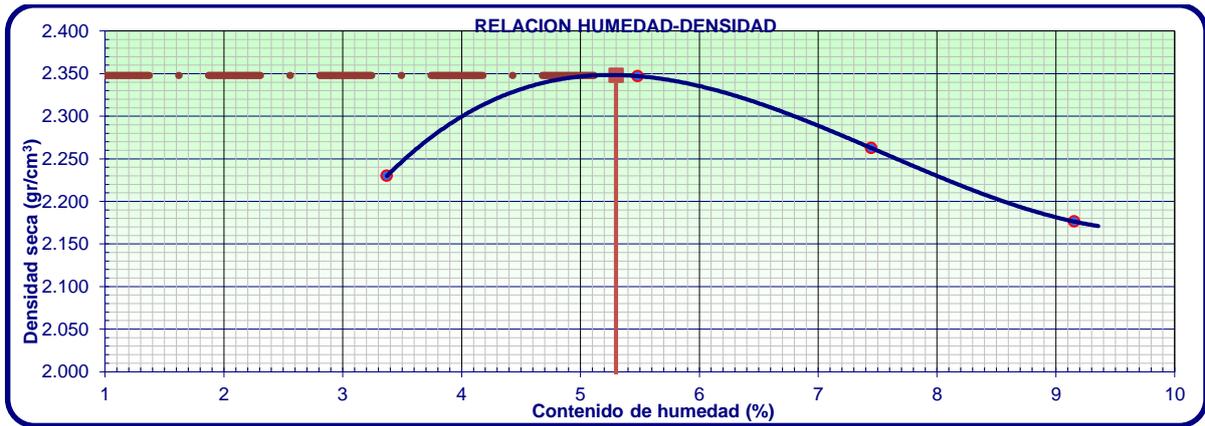
Peso del suelo seco	gr.	243.2	264.5	288.7	268.7
Contenido de agua	%	3.4	5.5	7.4	9.2
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.230</b>	<b>2.347</b>	<b>2.263</b>	<b>2.176</b>

**Tabla 19: Proctor Modificado tercer ensayo**

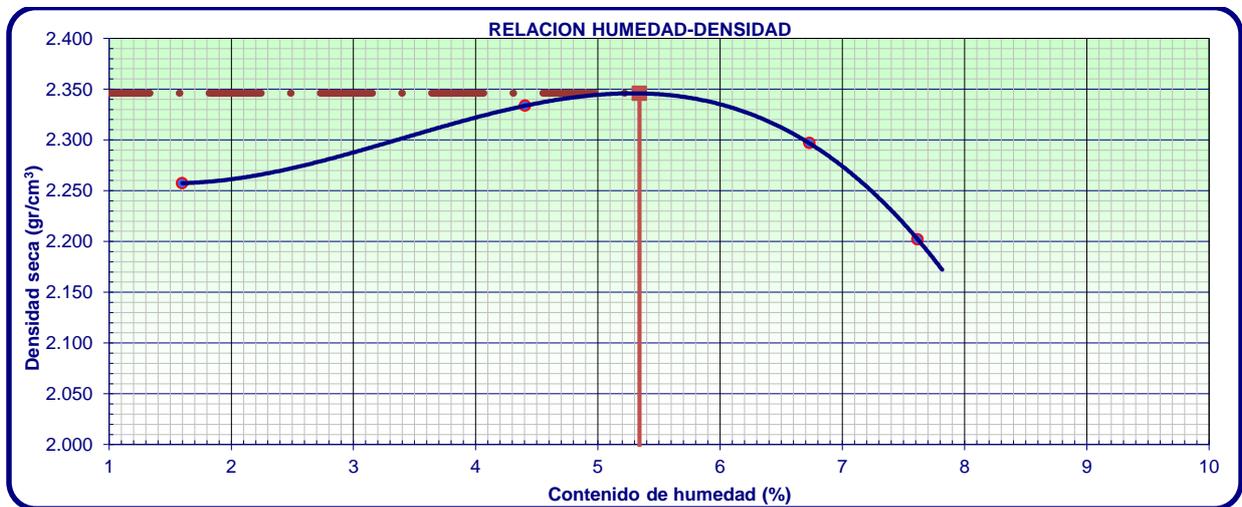
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11272</b>	<b>11570</b>	<b>11601</b>	<b>11431</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4782	5080	5111	4941
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.294	2.436	2.451	2.370
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>354.8</b>	<b>345.3</b>	<b>348.3</b>	<b>378.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>350.1</b>	<b>332.9</b>	<b>330.0</b>	<b>355.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.7	12.4	18.3	23.3
Peso del suelo seco	gr.	293.8	281.5	271.9	305.9
Contenido de agua	%	1.6	4.4	6.7	7.6
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.257</b>	<b>2.334</b>	<b>2.297</b>	<b>2.202</b>



**Figura 14: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo**



**Figura 15: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo**



**Figura 16: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo**

**Tabla 20: resultados primer ensayo**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.347</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.320</b>

**Tabla 21: resultados segundo ensayo**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.348</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.300</b>

**Tabla 22: resultados tercer ensayo**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.346</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.340</b>

#### 4.1.4. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón

Es una relación entre el esfuerzo producido en un suelo compactado y la penetración, con este método se evalúa la resistencia potencial del material granular para las diferentes capas.

El material para el ensayo es el pasante por la malla 3/4.

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural sin adición se obtuvo un CBR promedio de 89.6 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual no cumple, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 23: CBR primer ensayo**

Molde N°		1	2	3
N° Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(g)	12986	12723	12772
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931
Peso del suelo húmedo	(g)	5152	4974	4841
Volumen del molde	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.438	2.354	2.285
Humedad	(%)	5.670	5.590	5.710
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.307</b>	<b>2.229</b>	<b>2.162</b>
Tarro N°		1	2	3
Tarro + Suelo húmedo	(g)	358.30	341.20	389.30
Tarro + Suelo seco	(g)	341.90	326.10	371.00
Peso del Agua	(g)	16.40	15.10	18.30
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo seco	(g)	289.30	269.90	320.40
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.67</b>	<b>5.59</b>	<b>5.71</b>
PENETRACION				
PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 56	MOLDE N° 25	MOLDE N° 10

	STAND. lb/pulg2	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	144.7			<b>0.64</b>	139.2			<b>0.64</b>	93.5		
0.050		<b>1.27</b>	377.4			<b>1.27</b>	296.8			<b>1.27</b>	136.4		
0.075		<b>1.91</b>	610.2			<b>1.91</b>	416.6			<b>1.91</b>	178.7		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	752.3	752.30	75.2	<b>2.54</b>	446.2	446.20	44.6	<b>2.54</b>	181.8	181.80	18.2
0.125		<b>3.18</b>	1105.3			<b>3.18</b>	717.9			<b>3.18</b>	249.3		
0.150		<b>3.81</b>	1338.3			<b>3.81</b>	857.4			<b>3.81</b>	349.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1555.1	1555.10	103.7	<b>5.08</b>	977.4	977.40	65.2	<b>5.08</b>	388.5	388.50	25.9
0.300		<b>7.62</b>	2619.6			<b>7.62</b>	1409.2			<b>7.62</b>	462.1		
0.400		<b>10.16</b>	3366.3			<b>10.16</b>	1725.1			<b>10.16</b>	548.8		
0.500		<b>13</b>	3782.4			<b>13</b>	1932.5			<b>13</b>	606.2		

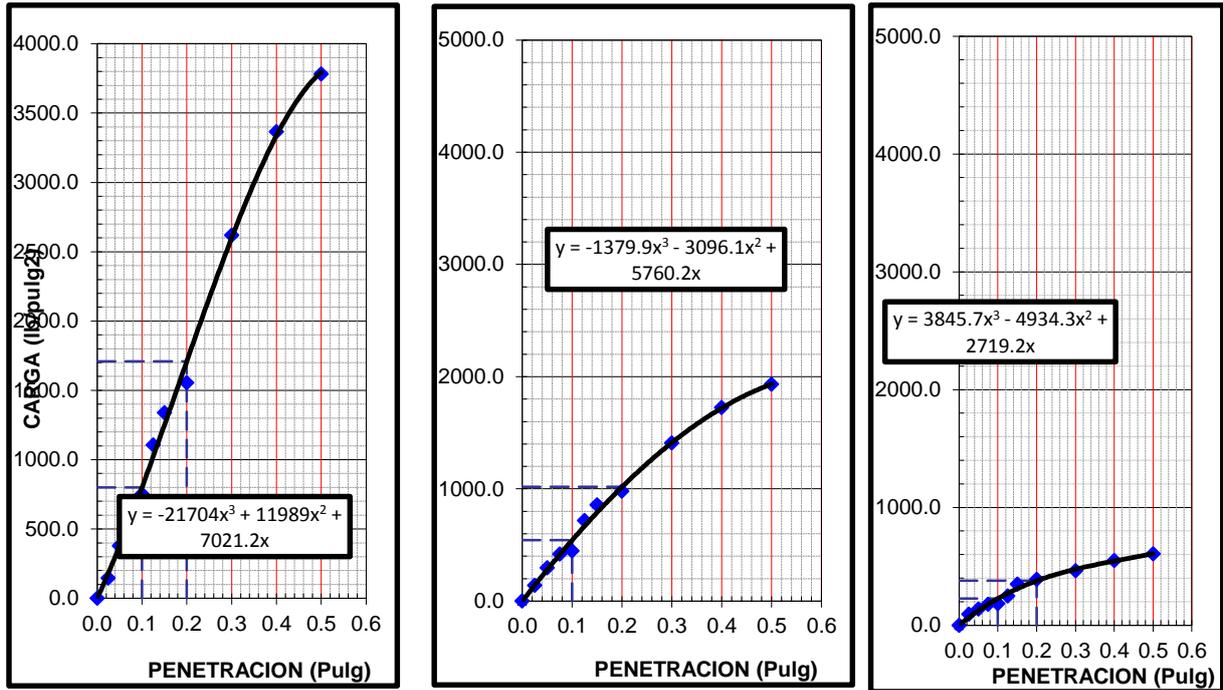


Figura 17: Carga vs penetración 56, 25 Y 12 golpes primer ensayo

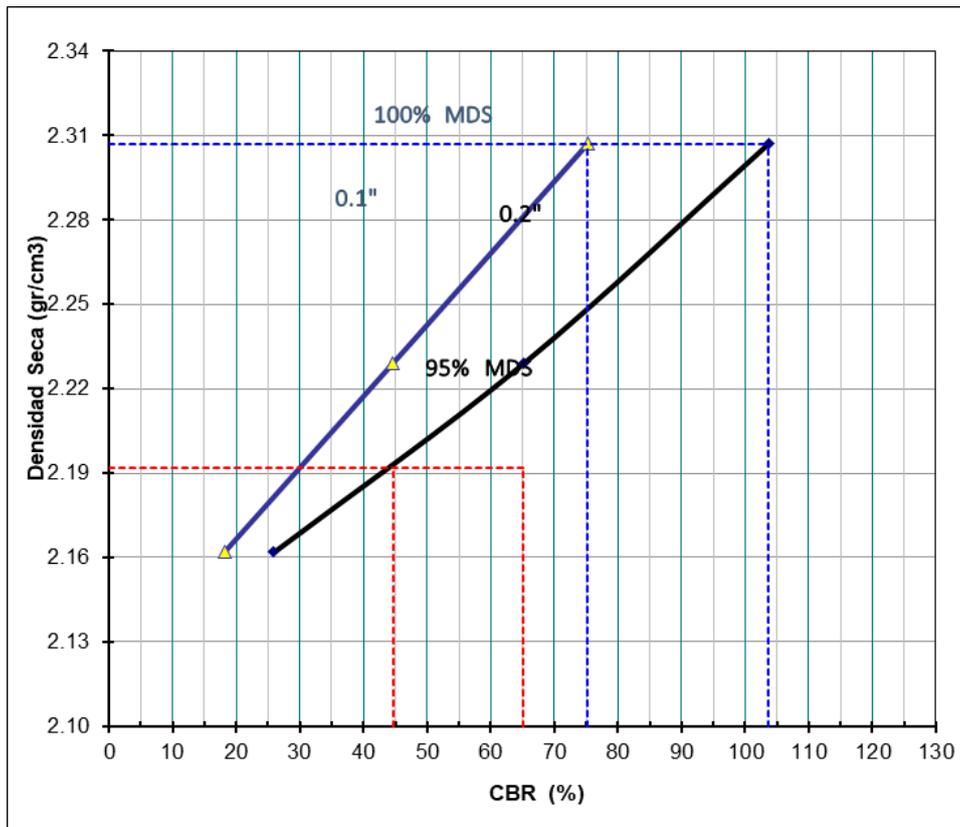


Figura 18: Densidad vs CBR primer ensayo

Tabla 24: CBR segundo ensayo

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12996</b>	<b>12721</b>	<b>12778</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5162	4972	4847
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.443	2.353	2.287
Humedad	(%)	5.440	6.180	6.350
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.317</b>	<b>2.216</b>	<b>2.150</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>287.10</b>	<b>253.80</b>	<b>352.20</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>275.00</b>	<b>242.30</b>	<b>334.20</b>
Peso del Agua	(g)	12.10	11.50	18.00
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	222.40	186.10	283.60
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.44</b>	<b>6.18</b>	<b>6.35</b>

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	%	Dial (div)	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	%	Dial (div)	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	138.9			<b>0.64</b>	115.7			<b>0.64</b>	74.6		
0.050		<b>1.27</b>	367.4			<b>1.27</b>	292.8			<b>1.27</b>	125.4		
0.075		<b>1.91</b>	600.3			<b>1.91</b>	394.6			<b>1.91</b>	155.3		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	785.6	785.60	78.6	<b>2.54</b>	432.2	432.20	43.2	<b>2.54</b>	170.8	170.80	17.1
0.125		<b>3.18</b>	1091.8			<b>3.18</b>	717.8			<b>3.18</b>	225.3		
0.150		<b>3.81</b>	1323.3			<b>3.81</b>	835.4			<b>3.81</b>	331.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1550.1	1550.10	103.3	<b>5.08</b>	956.3	956.30	63.8	<b>5.08</b>	383.5	383.50	25.6
0.300		<b>7.62</b>	2612.6			<b>7.62</b>	1406.2			<b>7.62</b>	454.8		
0.400		<b>10.16</b>	3359.3			<b>10.16</b>	1707.1			<b>10.16</b>	534.8		
0.500		<b>13</b>	3760.9			<b>13</b>	1923.1			<b>13</b>	588.5		

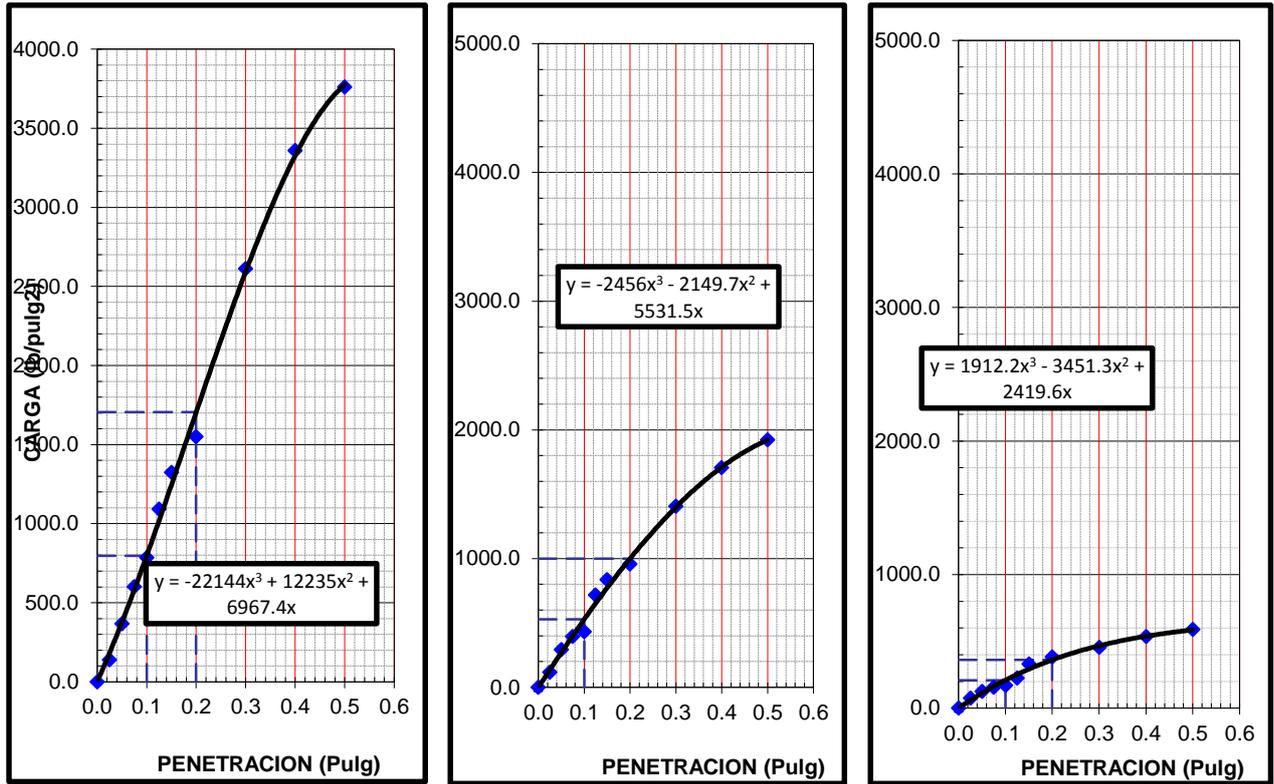


Figura 19: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo

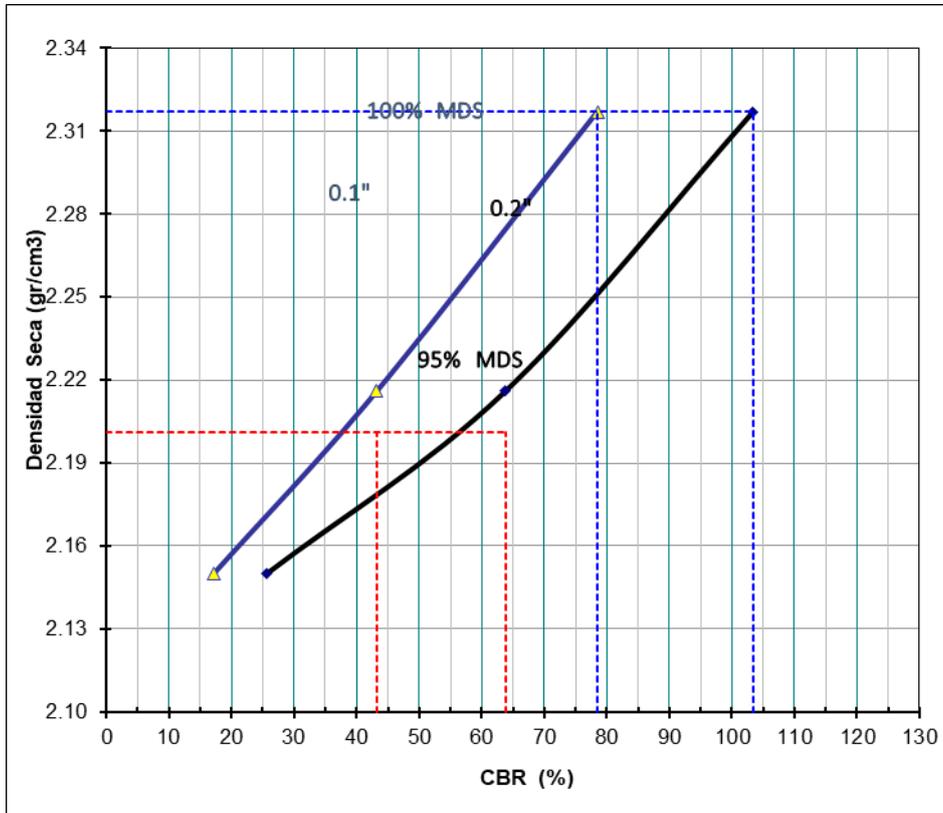


Figura 20: Densidad vs CBR segundo ensayo

**Tabla 25: CBR Tercer ensayo**

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12987</b>	<b>12815</b>	<b>12761</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5153	5066	4830
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.439	2.398	2.279
Humedad	(%)	5.440	5.710	5.330
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.313</b>	<b>2.268</b>	<b>2.164</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>345.30</b>	<b>378.30</b>	<b>345.20</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>330.20</b>	<b>360.90</b>	<b>330.30</b>
Peso del Agua	(g)	15.10	17.40	14.90
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	277.60	304.70	279.70
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.44</b>	<b>5.71</b>	<b>5.33</b>

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	162.7			<b>0.64</b>	139.3			<b>0.64</b>	99.1		
0.050		<b>1.27</b>	379.2			<b>1.27</b>	295.8			<b>1.27</b>	131.4		
0.075		<b>1.91</b>	614.3			<b>1.91</b>	417.1			<b>1.91</b>	166.3		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	701.3	701.30	70.1	<b>2.54</b>	452.2	452.20	45.2	<b>2.54</b>	177.2	177.20	17.7
0.125		<b>3.18</b>	1114.8			<b>3.18</b>	739.8			<b>3.18</b>	233.3		
0.150		<b>3.81</b>	1335.3			<b>3.81</b>	835.9			<b>3.81</b>	335.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1501.3	1501.30	100.1	<b>5.08</b>	973.3	973.30	64.9	<b>5.08</b>	401.7	401.70	26.8
0.300		<b>7.62</b>	2616.5			<b>7.62</b>	1406.1			<b>7.62</b>	463.8		
0.400		<b>10.16</b>	3361.3			<b>10.16</b>	1732.1			<b>10.16</b>	547.2		
0.500		<b>13</b>	3652.3			<b>13</b>	1923.7			<b>13</b>	610.7		

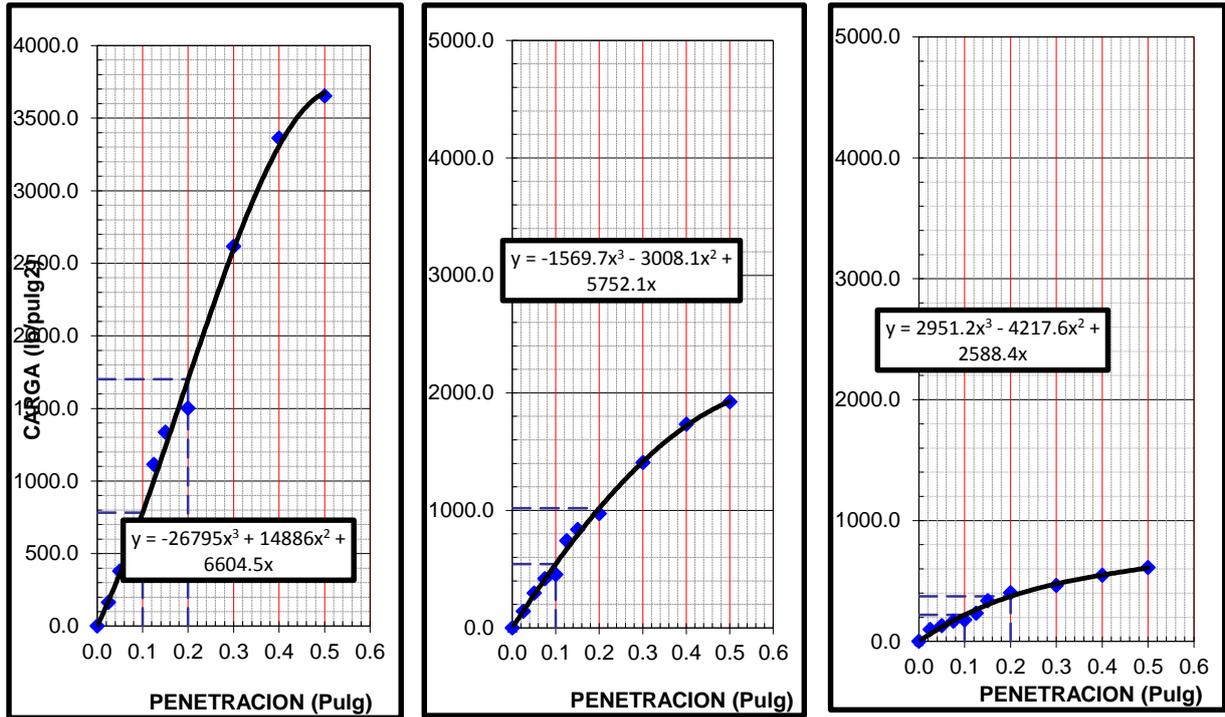


Figura 21: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo

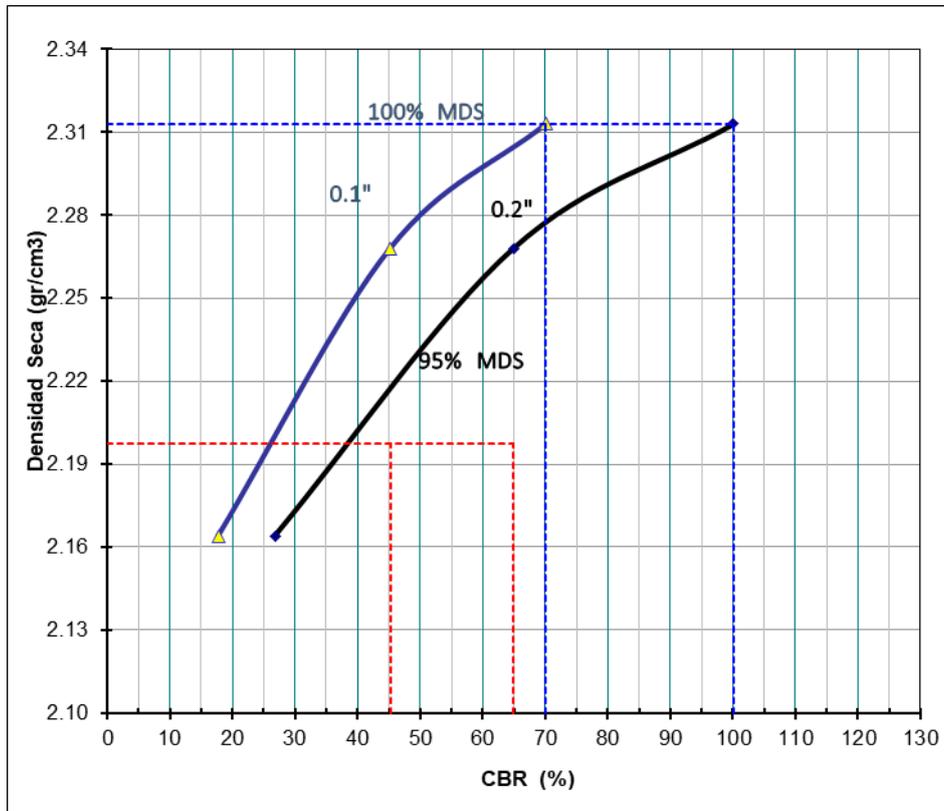


Figura 22: Densidad vs CBR tercer ensayo

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 26: Tabla de expansión**

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0									
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>								
		48									
		72									
		96									
		96									

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 27: Resultados CBR Primer ensayo**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	90.9	0.2":	123.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	44.9	0.2":	65.5

**Tabla 28: Resultados CBR segundo ensayo**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	89.4	0.2":	115.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	48.3	0.2":	69.5

**Tabla 29: Resultados CBR tercer ensayo**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	88.4	0.2":	125.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.8	0.2":	50.5

#### 4.2. Análisis De Adición De 0.5% De Caucho Reciclado

##### 4.2.1. Proctor Modificado

**Tabla 30: Proctor Modificado 0.5 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11205	11586	11697	11431
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4715	5096	5207	4941
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.261	2.444	2.497	2.370

Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>305.6</b>	<b>342.3</b>	<b>250.1</b>	<b>316.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>299.5</b>	<b>330.3</b>	<b>238.5</b>	<b>295.9</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	6.1	12.0	11.6	20.4
Peso del suelo seco	gr.	243.2	278.9	180.4	246.8
Contenido de agua	%	2.5	4.3	6.4	8.3
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.206</b>	<b>2.343</b>	<b>2.346</b>	<b>2.189</b>

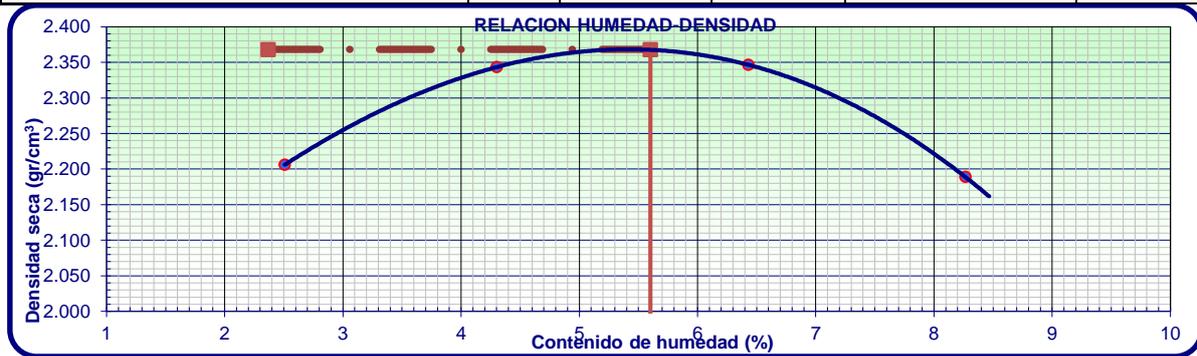
**Tabla 31: Proctor Modificado 0.5 % segundo ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11196</b>	<b>11468</b>	<b>11710</b>	<b>11442</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4706	4978	5220	4952
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.257	2.388	2.504	2.375
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>305.3</b>	<b>339.4</b>	<b>253.4</b>	<b>319.2</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>297.8</b>	<b>328.3</b>	<b>242.6</b>	<b>298.6</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	7.5	11.1	10.8	20.6
Peso del suelo seco	gr.	241.5	276.9	184.5	249.5
Contenido de agua	%	3.1	4.0	5.9	8.3
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.189</b>	<b>2.296</b>	<b>2.365</b>	<b>2.194</b>

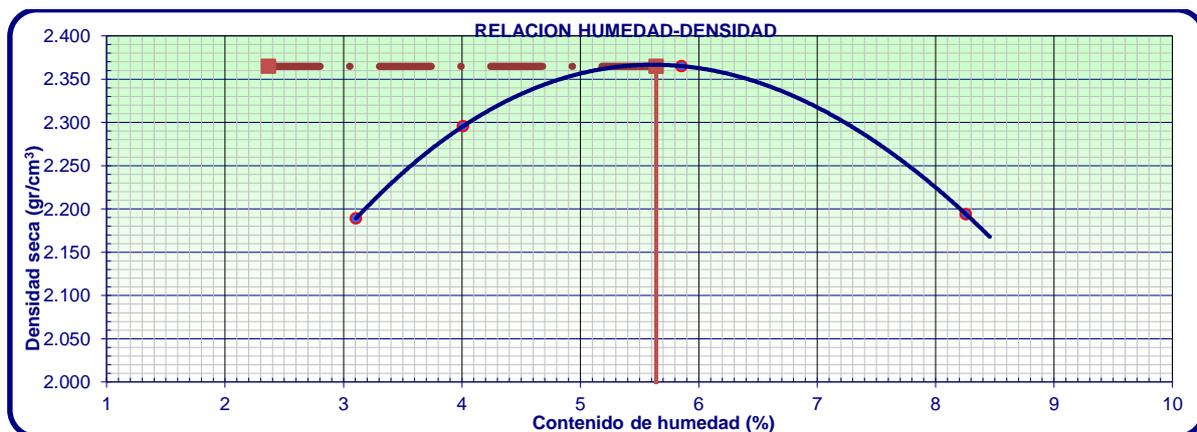
**Tabla 32: Proctor Modificado 0.5 % tercer ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11215</b>	<b>11584</b>	<b>11689</b>	<b>11398</b>

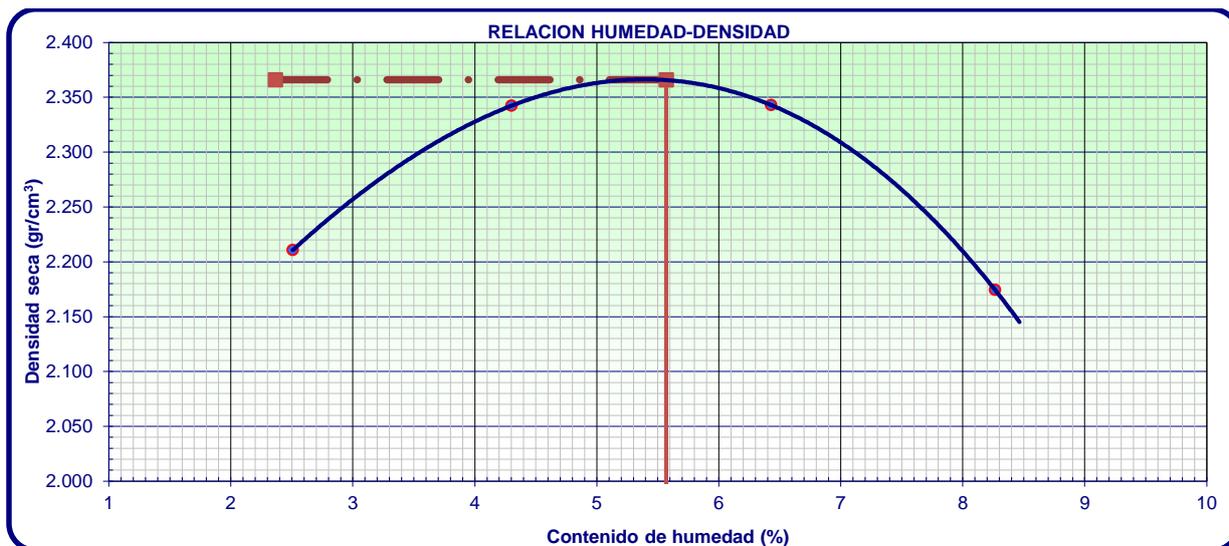
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4725	5094	5199	4908
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.266	2.443	2.494	2.354
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>305.6</b>	<b>342.3</b>	<b>250.1</b>	<b>316.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>299.5</b>	<b>330.3</b>	<b>238.5</b>	<b>295.9</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	6.1	12.0	11.6	20.4
Peso del suelo seco	gr.	243.2	278.9	180.4	246.8
Contenido de agua	%	2.5	4.3	6.4	8.3
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.211</b>	<b>2.342</b>	<b>2.343</b>	<b>2.174</b>



**Figura 23: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 0.5%**



**Figura 24: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 0.5%**



**Figura 25: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 0.5%**

**Tabla 33: resultados primer ensayo – 0.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.368</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.600</b>

**Tabla 34: resultados segundo ensayo – 0.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.365</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.640</b>

**Tabla 35: resultados tercer ensayo - 0.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.366</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.570</b>

**4.2.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 0.5% Caucho.**

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 0.5% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 95.3 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual no cumple, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 36: CBR primer ensayo – 0.5%**

Molde N°	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13095</b>	<b>12789</b>	<b>12721</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5261	5040	4790
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.490	2.385	2.261
Humedad	(%)	6.140	5.810	5.670
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.346</b>	<b>2.254</b>	<b>2.140</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>315.30</b>	<b>325.60</b>	<b>341.30</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>300.10</b>	<b>310.80</b>	<b>325.70</b>
Peso del Agua	(g)	15.20	14.80	15.60
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	247.50	254.60	275.10
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.14</b>	<b>5.81</b>	<b>5.67</b>

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	428.4			<b>0.64</b>	130.1			<b>0.64</b>	69.1		
0.050		<b>1.27</b>	659.6			<b>1.27</b>	274.8			<b>1.27</b>	104.3		
0.075		<b>1.91</b>	751.4			<b>1.91</b>	403.3			<b>1.91</b>	138.1		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	899.9	899.90	90.0	<b>2.54</b>	494.4	494.43	49.4	<b>2.54</b>	163.8	163.83	16.4
0.125		<b>3.18</b>	1020.6			<b>3.18</b>	606.8			<b>3.18</b>	192.5		
0.150		<b>3.81</b>	1495.6			<b>3.81</b>	695.0			<b>3.81</b>	221.1		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1795.6	1795.60	119.7	<b>5.08</b>	872.0	872.05	58.1	<b>5.08</b>	273.3	273.30	18.2
0.300		<b>7.62</b>	2713.9			<b>7.62</b>	1143.1			<b>7.62</b>	360.7		
0.400		<b>10.16</b>	3349.3			<b>10.16</b>	1262.2			<b>10.16</b>	448.1		
0.500		<b>13</b>	3861.3			<b>13</b>	1592.0			<b>13</b>	526.8		

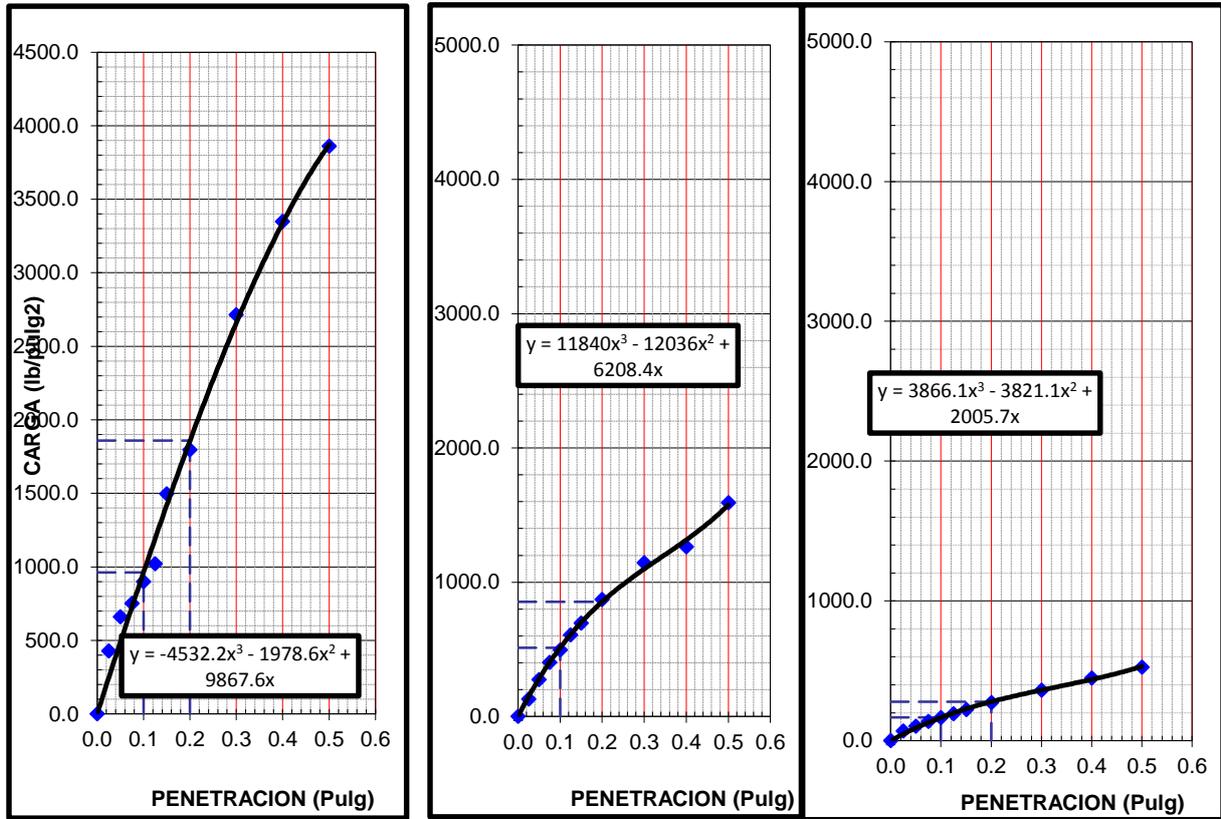


Figura 26: Carga vs penetraci3n 56,25 Y 12 golpes primer ensayo 0.5%

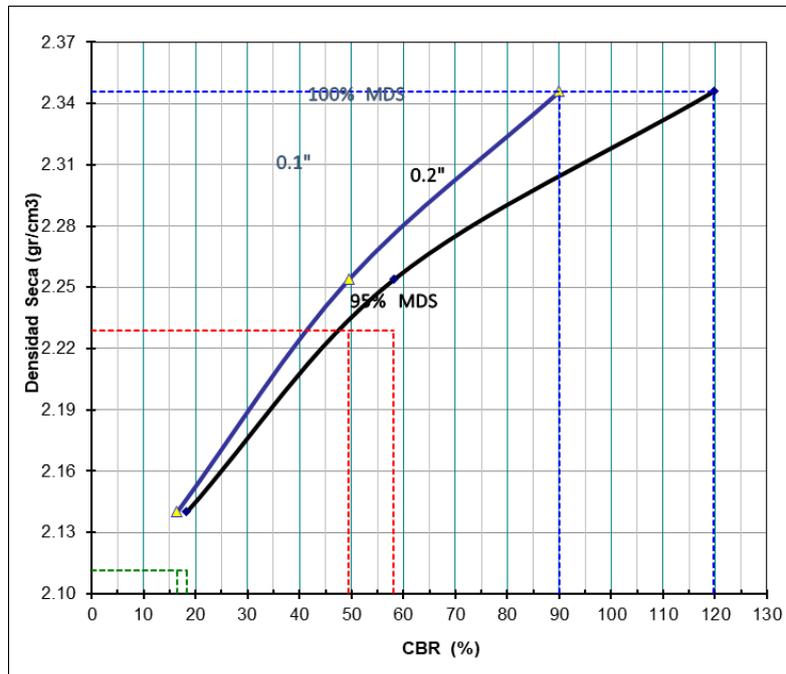


Figura 27: Densidad vs CBR primer ensayo - 0.5%

**Tabla 37: CBR segundo ensayo – 0.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13098</b>	<b>12784</b>	<b>12714</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7749</b>	<b>7749</b>	<b>7749</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5349	5035	4965									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.531	2.383	2.343									
Humedad	(%)	6.120	5.820	5.620									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.385</b>	<b>2.252</b>	<b>2.218</b>									
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>316.30</b>	<b>314.30</b>	<b>334.50</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>301.10</b>	<b>300.10</b>	<b>319.40</b>									
Peso del Agua	(g)	15.20	14.20	15.10									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	248.50	243.90	268.80									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.12</b>	<b>5.82</b>	<b>5.62</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	434.3			<b>0.64</b>	130.1			<b>0.64</b>	71.0		
0.050		<b>1.27</b>	661.2			<b>1.27</b>	280.7			<b>1.27</b>	104.2		
0.075		<b>1.91</b>	753.6			<b>1.91</b>	407.2			<b>1.91</b>	139.3		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	978.9	978.90	97.9	<b>2.54</b>	517.8	517.80	51.8	<b>2.54</b>	161.1	161.10	16.1
0.125		<b>3.18</b>	1126.3			<b>3.18</b>	611.6			<b>3.18</b>	194.5		
0.150		<b>3.81</b>	1499.6			<b>3.81</b>	701.0			<b>3.81</b>	224.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1796.6	1796.60	119.8	<b>5.08</b>	873.2	873.20	58.2	<b>5.08</b>	274.6	274.60	18.3
0.300		<b>7.62</b>	2714.8			<b>7.62</b>	1148.0			<b>7.62</b>	364.5		
0.400		<b>10.16</b>	3355.3			<b>10.16</b>	1267.3			<b>10.16</b>	452.1		
0.500		<b>13</b>	3865.7			<b>13</b>	1597.2			<b>13</b>	527.3		

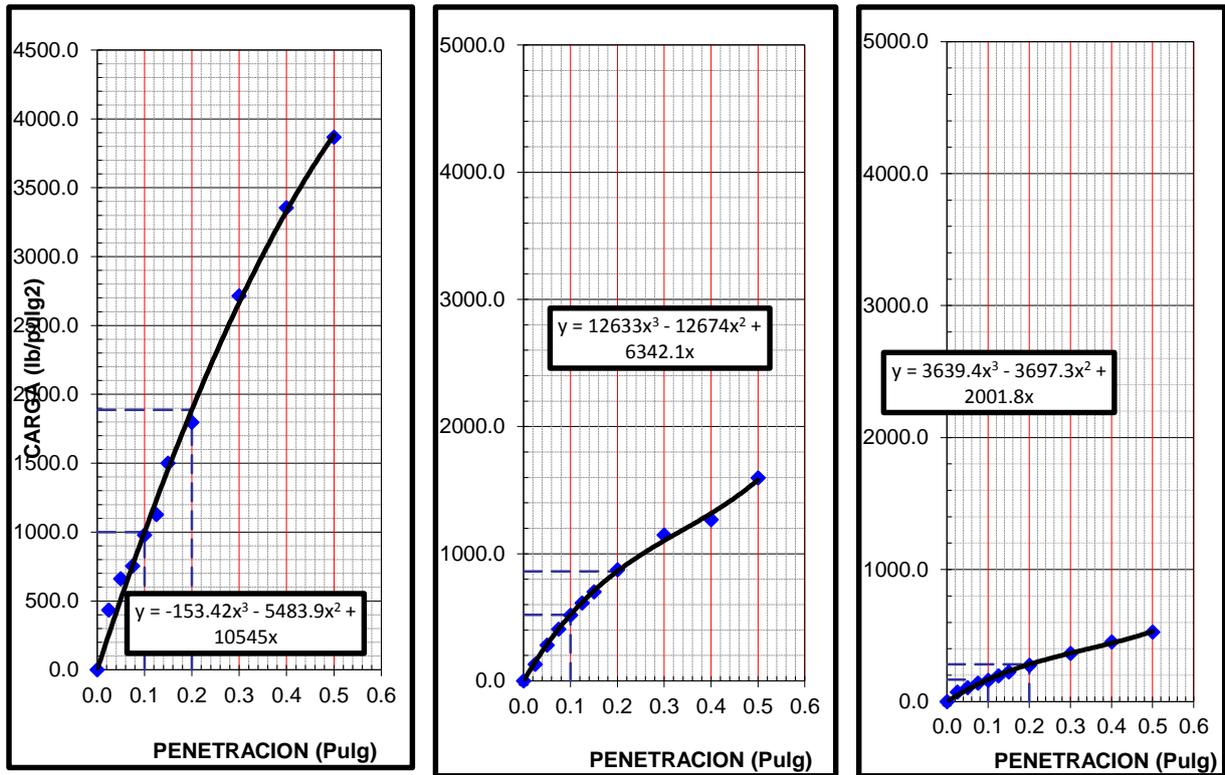


Figura 28: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 0.5%

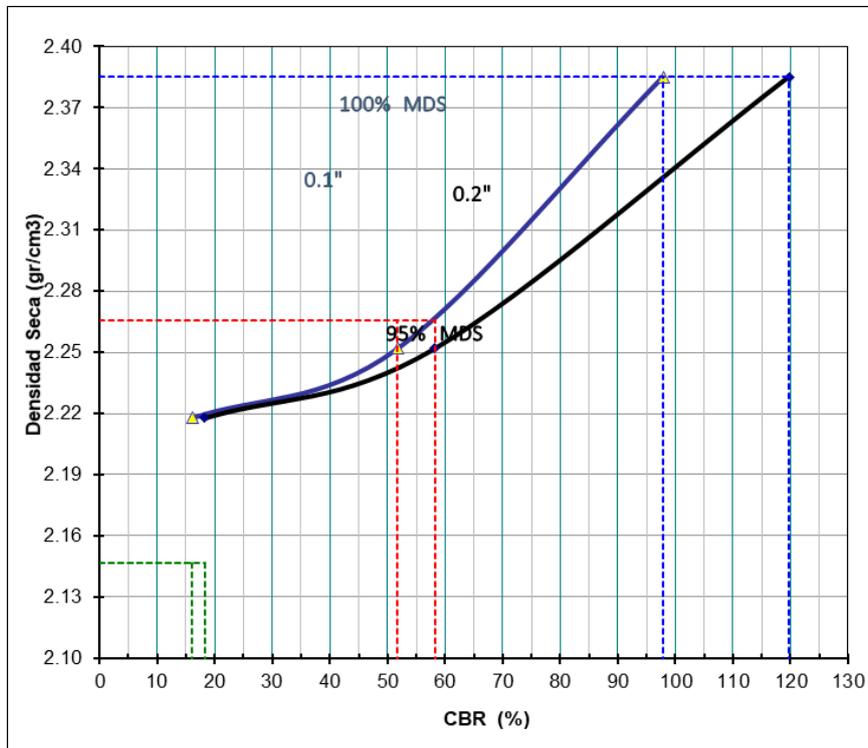


Figura 29: Densidad vs CBR segundo ensayo – 0.5%

**Tabla 38: CBR Tercer ensayo – 0.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12969</b>	<b>12779</b>	<b>12720</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7749</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5220	5030	4789									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.470	2.381	2.260									
Humedad	(%)	6.180	5.840	5.600									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.326</b>	<b>2.250</b>	<b>2.140</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>317.10</b>	<b>324.60</b>	<b>342.70</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>301.70</b>	<b>309.80</b>	<b>327.20</b>									
Peso del Agua	(g)	15.40	14.80	15.50									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	249.10	253.60	276.60									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.18</b>	<b>5.84</b>	<b>5.60</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	428.3			<b>0.64</b>	130.1			<b>0.64</b>	71.1		
0.050		<b>1.27</b>	661.6			<b>1.27</b>	279.7			<b>1.27</b>	104.2		
0.075		<b>1.91</b>	751.4			<b>1.91</b>	407.2			<b>1.91</b>	138.1		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	795.3	795.30	79.5	<b>2.54</b>	496.6	496.60	49.7	<b>2.54</b>	166.9	166.90	16.7
0.125		<b>3.18</b>	1125.3			<b>3.18</b>	611.8			<b>3.18</b>	192.5		
0.150		<b>3.81</b>	1495.6			<b>3.81</b>	698.1			<b>3.81</b>	225.1		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1784.6	1784.60	119.0	<b>5.08</b>	874.0	874.05	58.3	<b>5.08</b>	275.9	275.90	18.4
0.300		<b>7.62</b>	2717.7			<b>7.62</b>	1143.2			<b>7.62</b>	365.7		
0.400		<b>10.16</b>	3352.3			<b>10.16</b>	1262.3			<b>10.16</b>	451.2		
0.500		<b>13</b>	3864.3			<b>13</b>	1592.0			<b>13</b>	528.5		

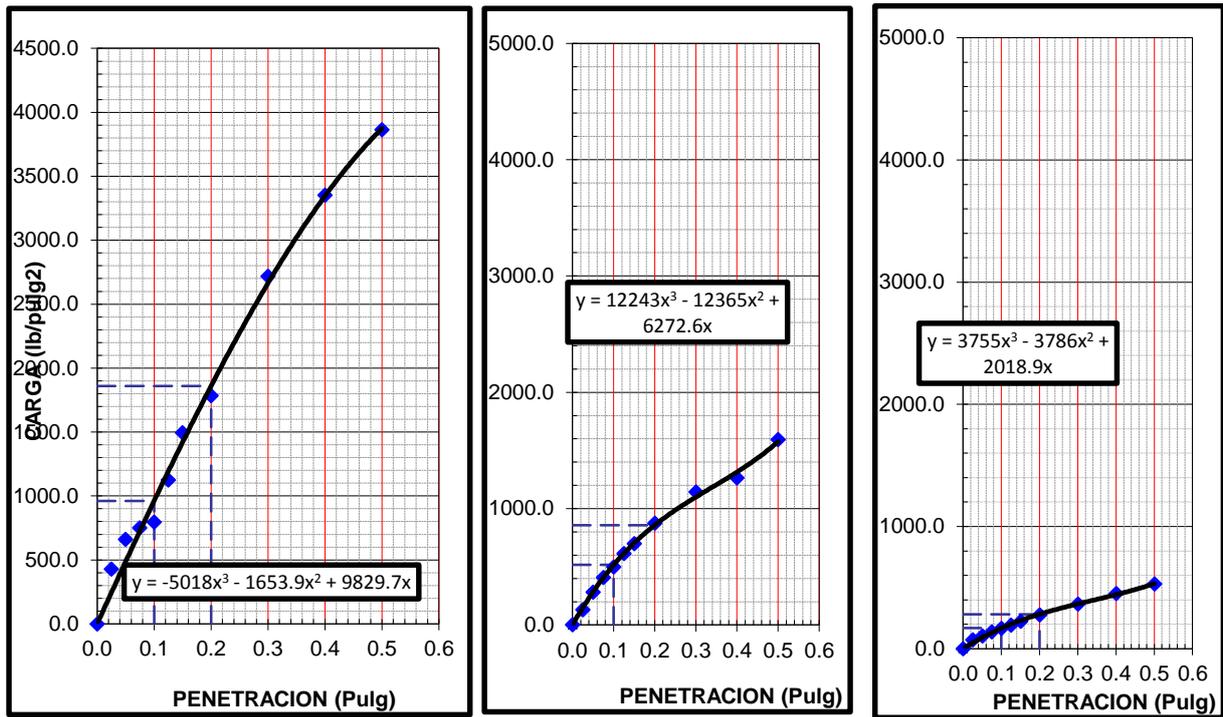


Figura 30: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 0.5%

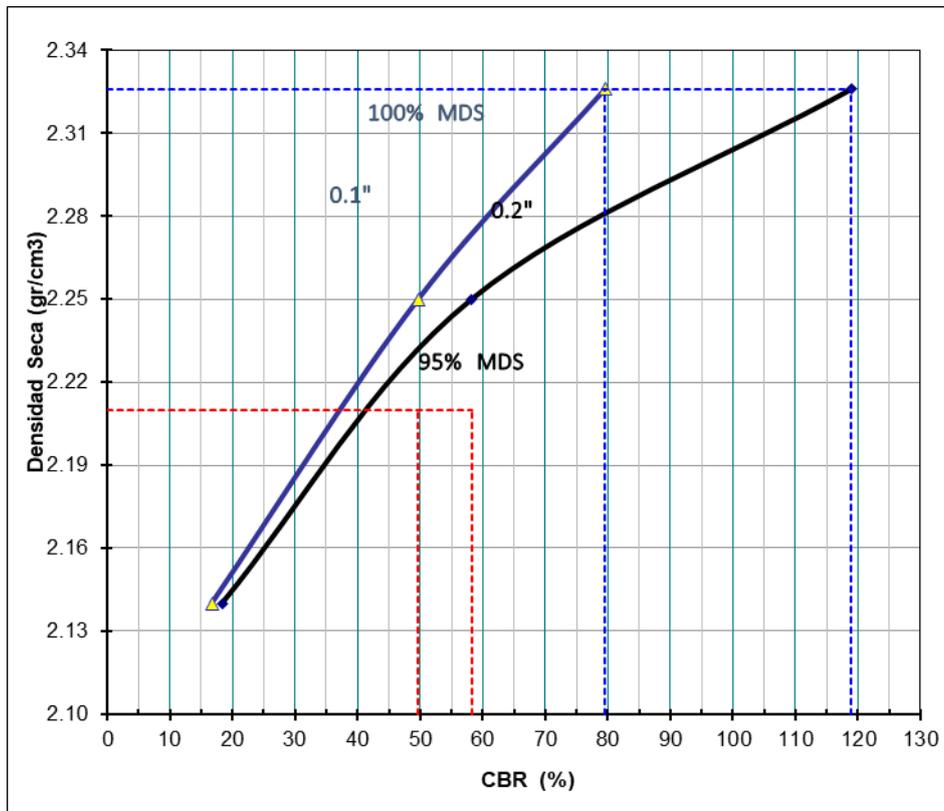


Figura 31: Densidad vs CBR tercer ensayo – 0.5%

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 39: Tabla de expansión – 0.5%**

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0									
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>								
		48									
		72									
		96									
		96									

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 40: Resultados CBR Primer ensayo – 0.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	99.7	0.2":	134.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	48.2	0.2":	56.6

**Tabla 41: Resultados CBR segundo ensayo – 0.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	91.0	0.2":	110.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	46.3	0.2":	52.1

**Tabla 42: Resultados CBR tercer ensayo – 0.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	95.3	0.2":	150.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	49.0	0.2":	57.4

#### 4.3. Análisis De Adición De 1.0% De Caucho Reciclado

##### 4.3.1. Proctor Modificado

**Tabla 43: Proctor Modificado 1 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11215	11615	11710	11501
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4725	5125	5220	5011
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.266	2.458	2.504	2.403

Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>250.3</b>	<b>265.7</b>	<b>245.3</b>	<b>316.7</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>245.9</b>	<b>256.4</b>	<b>233.4</b>	<b>295.9</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.4	9.3	11.9	20.8
Peso del suelo seco	gr.	189.6	205.0	175.3	246.8
Contenido de agua	%	2.3	4.5	6.8	8.4
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.215</b>	<b>2.351</b>	<b>2.344</b>	<b>2.217</b>

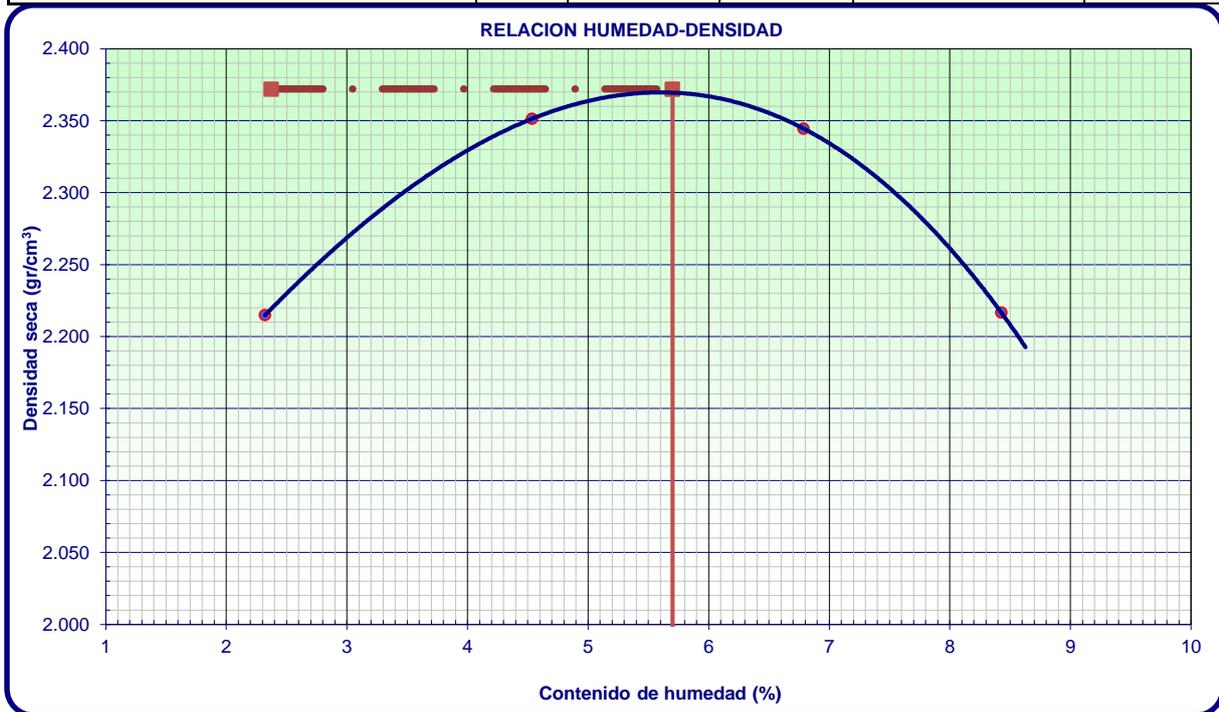
**Tabla 44: Proctor Modificado 1 % segundo ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11230</b>	<b>11630</b>	<b>11730</b>	<b>11493</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4740	5140	5240	5003
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.273	2.465	2.513	2.400
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>325.3</b>	<b>312.5</b>	<b>348.2</b>	<b>398.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>318.9</b>	<b>301.1</b>	<b>330.1</b>	<b>370.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	6.4	11.4	18.1	28.3
Peso del suelo seco	gr.	262.6	249.7	272.0	320.9
Contenido de agua	%	2.4	4.6	6.7	8.8
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.219</b>	<b>2.358</b>	<b>2.356</b>	<b>2.205</b>

**Tabla 45: Proctor Modificado 1 % tercer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11235</b>	<b>11620</b>	<b>11718</b>	<b>11490</b>

Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4745	5130	5228	5000
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.276	2.460	2.507	2.398
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>245.3</b>	<b>298.6</b>	<b>247.3</b>	<b>284.6</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>241.1</b>	<b>287.9</b>	<b>236.1</b>	<b>266.4</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.2	10.7	11.2	18.2
Peso del suelo seco	gr.	184.8	236.5	178.0	217.3
Contenido de agua	%	2.3	4.5	6.3	8.4
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.225</b>	<b>2.354</b>	<b>2.359</b>	<b>2.213</b>



**Figura 32: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 1%**

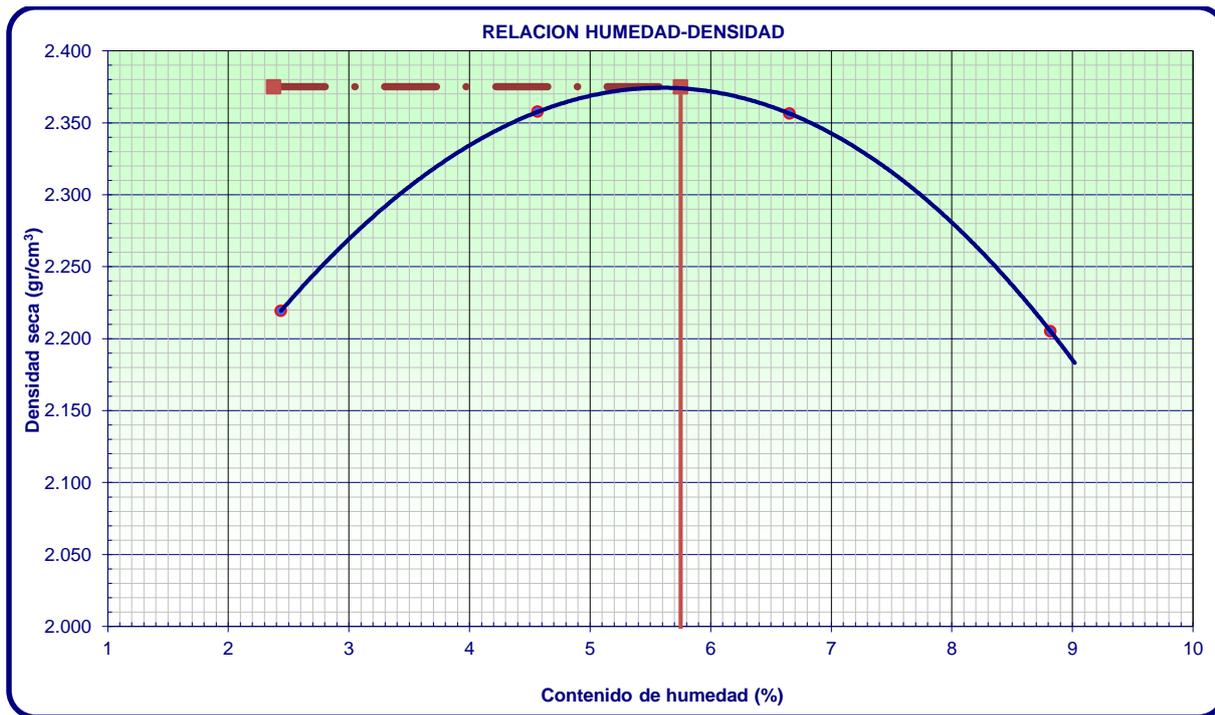


Figura 33: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 1%

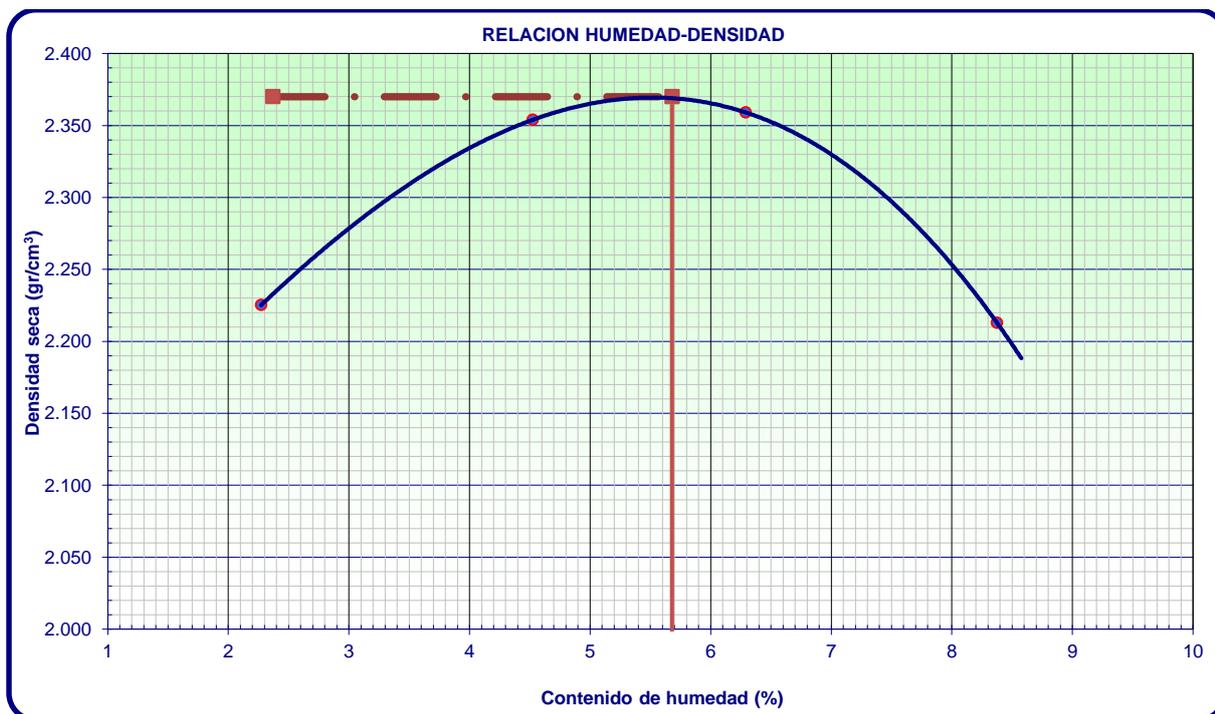


Figura 34: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 1%

Tabla 46: resultados primer ensayo – 1%

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.372</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.700</b>

**Tabla 47: resultados segundo ensayo – 1%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.375</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.750</b>

**Tabla 48: resultados tercer ensayo - 1%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.370</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.680</b>

**4.3.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 1% Caucho**

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 1% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 103.5 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual cumple también con la especificación del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 49 CBR: primer ensayo – 1%**

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13105</b>	<b>12795</b>	<b>12726</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5271	5046	4795
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.495	2.388	2.263
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.341</b>	<b>2.234</b>	<b>2.120</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>316.40</b>	<b>304.60</b>	<b>375.60</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>300.10</b>	<b>288.60</b>	<b>355.10</b>
Peso del Agua	(g)	16.30	16.00	20.50
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	247.50	232.40	304.50

Humedad		6.59				6.88				6.73			
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	120.6			0.64	137.4			0.64	94.0		
0.050		1.27	258.6			1.27	285.8			1.27	121.2		
0.075		1.91	421.7			1.91	429.8			1.91	160.9		
0.100	1000.0	2.54	925.9	925.90	92.6	2.54	573.0	573.04	57.3	2.54	193.2	193.22	19.3
0.125		3.18	1015.6			3.18	709.0			3.18	221.1		
0.150		3.81	1253.3			3.81	843.4			3.81	246.8		
0.200	1500.0	5.08	1995.3	1995.30	133.0	5.08	1030.0	1030.00	68.7	5.08	294.6	294.60	19.6
0.300		7.62	2814.3			7.62	1362.1			7.62	371.7		
0.400		10.16	3458.8			10.16	1647.1			10.16	460.6		
0.500		13	4005.3			13	1861.6			13	531.9		

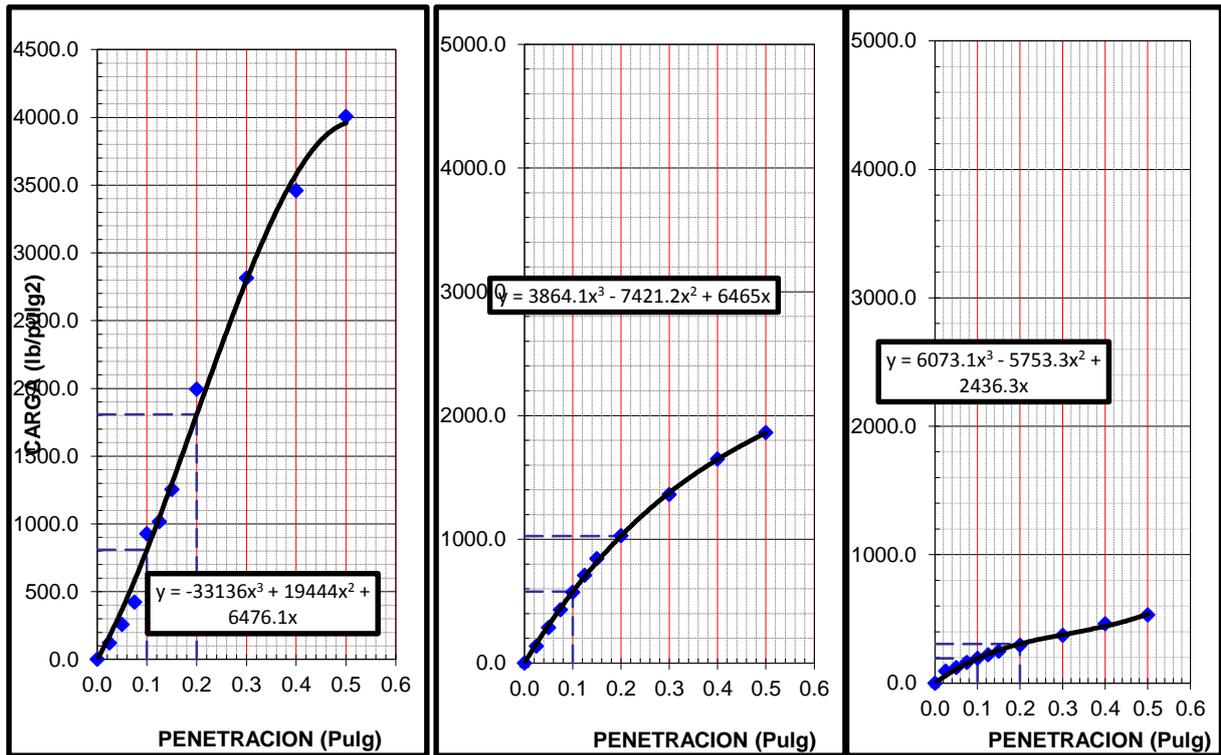


Figura 35: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo - 1%

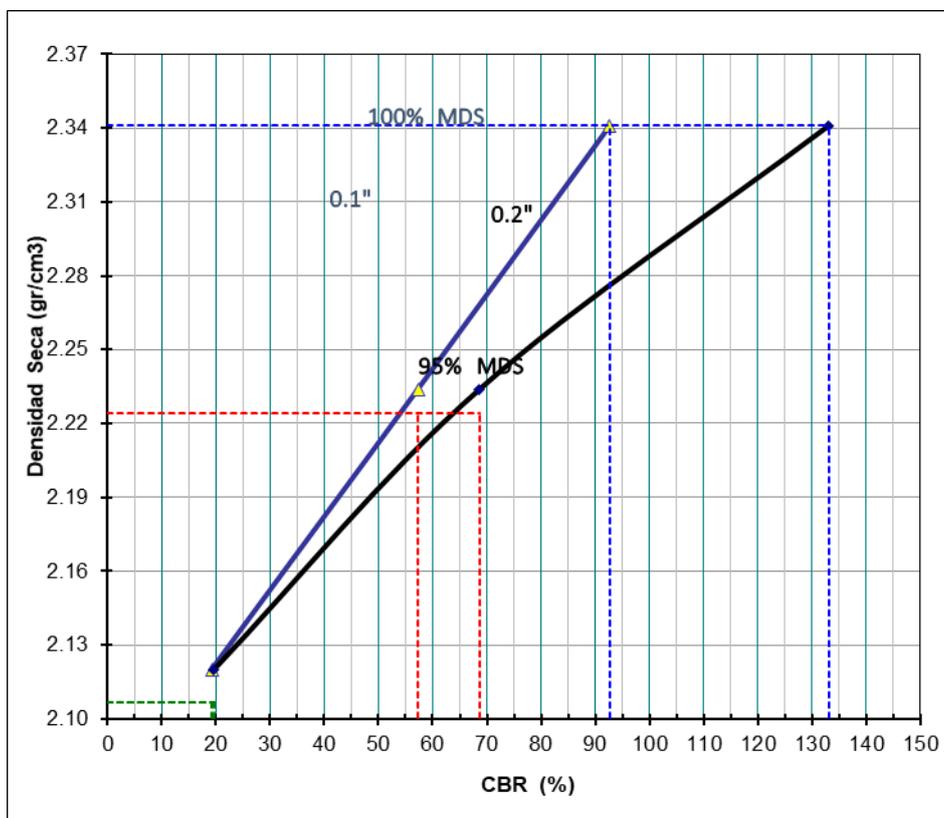


Figura 36: Densidad vs CBR primer ensayo – 1%

**Tabla 50: CBR segundo ensayo – 1%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13105</b>	<b>12795</b>	<b>12726</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5271	5046	4795									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.495	2.388	2.263									
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.341</b>	<b>2.234</b>	<b>2.120</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>316.40</b>	<b>304.60</b>	<b>375.60</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>300.10</b>	<b>288.60</b>	<b>355.10</b>									
Peso del Agua	(g)	16.30	16.00	20.50									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	247.50	232.40	304.50									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.59</b>	<b>6.88</b>	<b>6.73</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	128.5			<b>0.64</b>	169.5			<b>0.64</b>	104.9		
0.050		<b>1.27</b>	291.6			<b>1.27</b>	322.8			<b>1.27</b>	122.2		
0.075		<b>1.91</b>	439.7			<b>1.91</b>	476.8			<b>1.91</b>	177.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	925.1	925.10	92.5	<b>2.54</b>	579.1	579.05	57.9	<b>2.54</b>	200.2	200.20	20.0
0.125		<b>3.18</b>	1016.6			<b>3.18</b>	711.0			<b>3.18</b>	227.1		
0.150		<b>3.81</b>	1260.3			<b>3.81</b>	874.4			<b>3.81</b>	294.8		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	2026.2	2026.20	135.1	<b>5.08</b>	1073.4	1073.40	71.6	<b>5.08</b>	328.1	328.10	21.9
0.300		<b>7.62</b>	2835.3			<b>7.62</b>	1406.1			<b>7.62</b>	397.7		
0.400		<b>10.16</b>	3496.8			<b>10.16</b>	1688.9			<b>10.16</b>	504.3		
0.500		<b>13</b>	4010.7			<b>13</b>	1908.6			<b>13</b>	575.4		

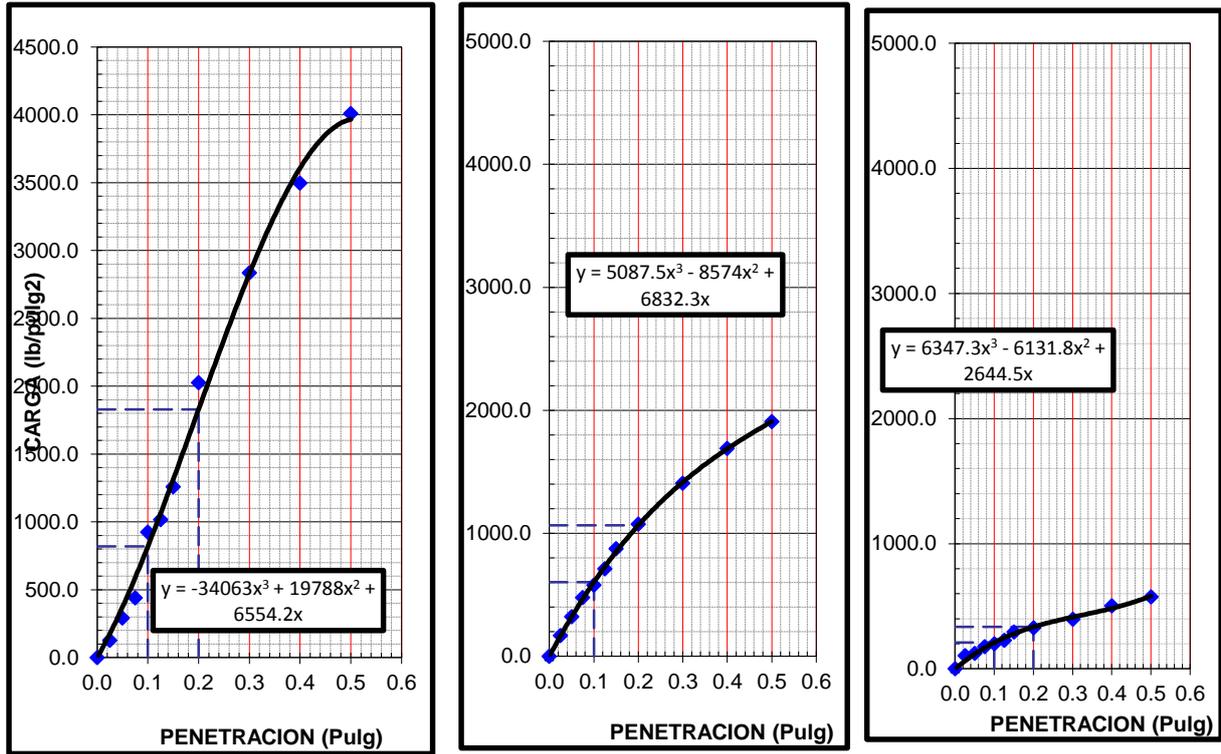


Figura 37: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 1%

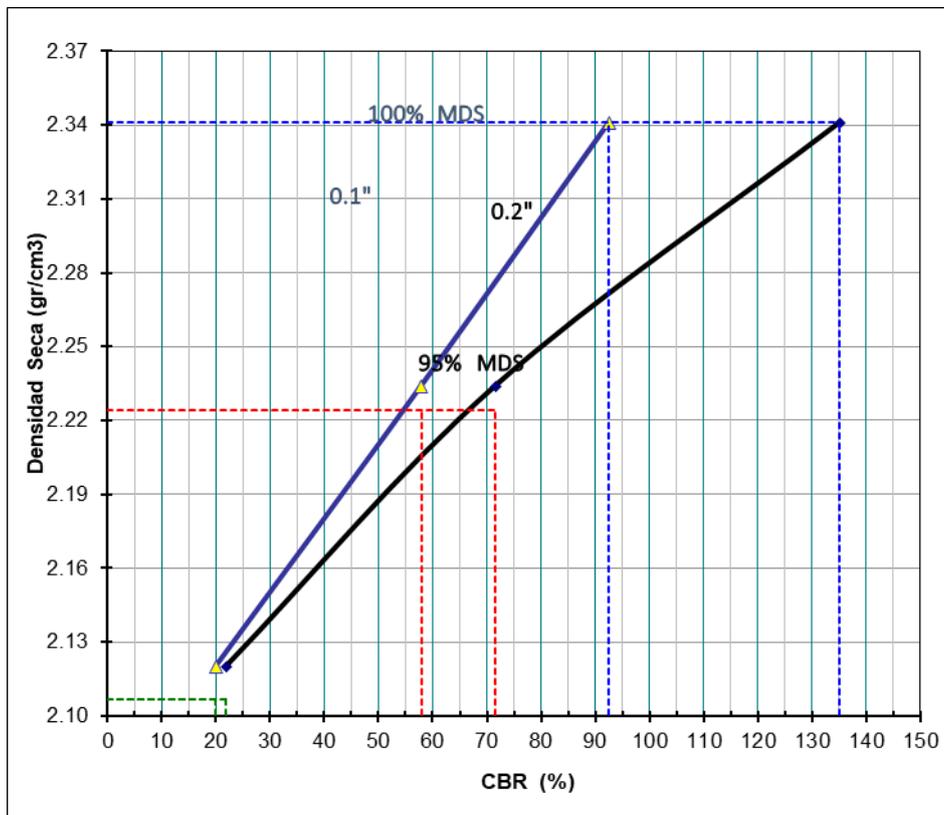


Figura 38: Densidad vs CBR segundo ensayo – 1%

**Tabla 51: CBR Tercer ensayo – 1%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13119</b>	<b>12784</b>	<b>12736</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5285	5035	4805									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.501	2.383	2.268									
Humedad	(%)	6.950	6.150	6.140									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.338</b>	<b>2.245</b>	<b>2.137</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>257.30</b>	<b>241.00</b>	<b>278.90</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>244.00</b>	<b>230.30</b>	<b>265.70</b>									
Peso del Agua	(g)	13.30	10.70	13.20									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	191.40	174.10	215.10									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.95</b>	<b>6.15</b>	<b>6.14</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	152.6			<b>0.64</b>	150.4			<b>0.64</b>	125.0		
0.050		<b>1.27</b>	302.6			<b>1.27</b>	324.8			<b>1.27</b>	133.2		
0.075		<b>1.91</b>	459.7			<b>1.91</b>	469.8			<b>1.91</b>	161.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	931.9	931.90	93.2	<b>2.54</b>	615.0	615.04	61.5	<b>2.54</b>	219.2	219.22	21.9
0.125		<b>3.18</b>	1029.6			<b>3.18</b>	743.0			<b>3.18</b>	234.1		
0.150		<b>3.81</b>	1302.3			<b>3.81</b>	844.4			<b>3.81</b>	270.8		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	2043.3	2043.30	136.2	<b>5.08</b>	1076.0	1076.00	71.7	<b>5.08</b>	295.6	295.60	19.7
0.300		<b>7.62</b>	2829.3			<b>7.62</b>	1395.1			<b>7.62</b>	380.7		
0.400		<b>10.16</b>	3473.8			<b>10.16</b>	1694.1			<b>10.16</b>	500.6		
0.500		<b>13</b>	4027.3			<b>13</b>	1863.6			<b>13</b>	570.9		

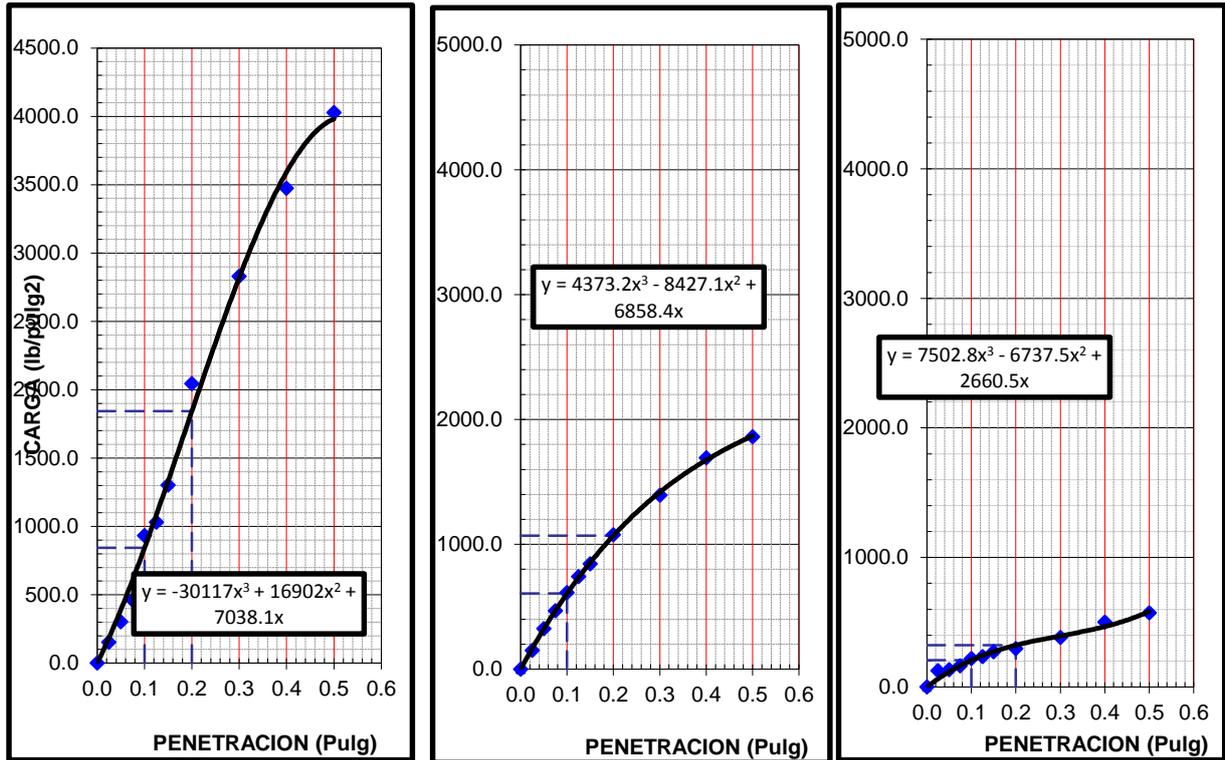


Figura 39: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 1%

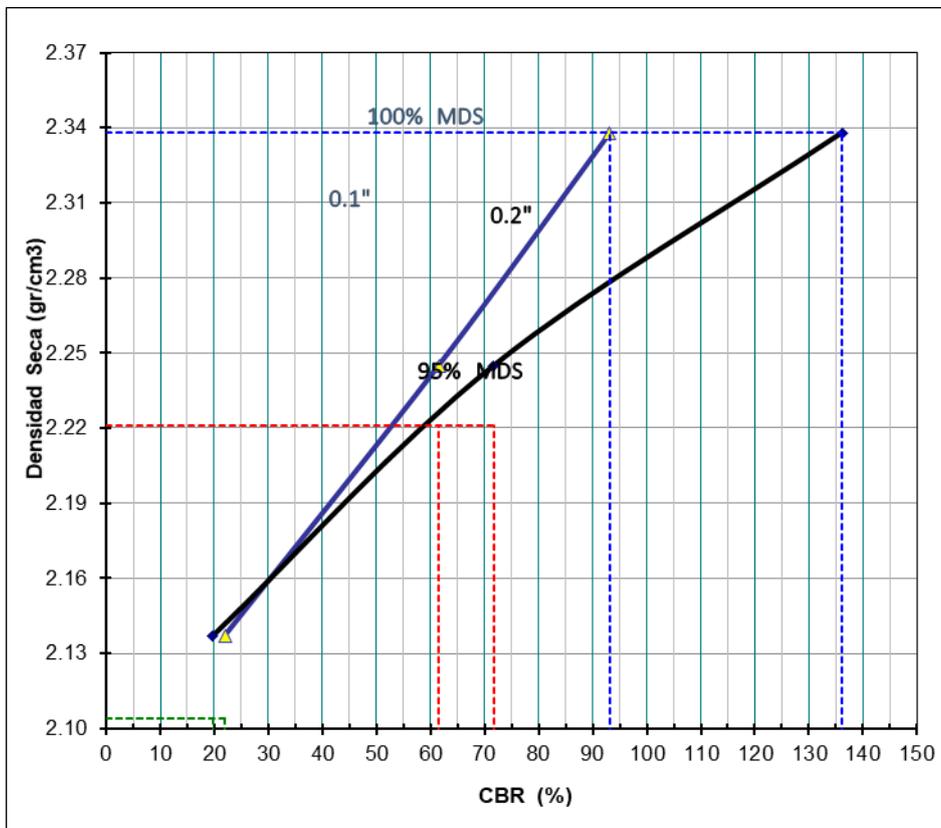


Figura 40: Densidad vs CBR tercer ensayo – 1%

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 52: Tabla de expansión – 1%**

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
		0										
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 53: Resultados CBR Primer ensayo – 1%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	102.8	0.2":	151.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	63.7	0.2":	80.3

**Tabla 54: Resultados CBR segundo ensayo – 1%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	103.5	0.2":	155.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	65.1	0.2":	84.8

**Tabla 55: Resultados CBR tercer ensayo – 1%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	104.1	0.2":	158.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	63.7	0.2":	76.2

#### 4.4. Análisis De Adición De 1.5% De Caucho Reciclado

##### 4.4.1. Proctor Modificado

**Tabla 56: Proctor Modificado 1.5 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11234	11635	11745	11509
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4744	5145	5255	5019

Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.275	2.468	2.520	2.407
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>251.3</b>	<b>245.8</b>	<b>259.3</b>	<b>210.6</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>247.5</b>	<b>237.2</b>	<b>247.3</b>	<b>198.2</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	3.8	8.6	12.0	12.4
Peso del suelo seco	gr.	191.2	185.8	189.2	149.1
Contenido de agua	%	2.0	4.6	6.3	8.3
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.231</b>	<b>2.358</b>	<b>2.370</b>	<b>2.222</b>

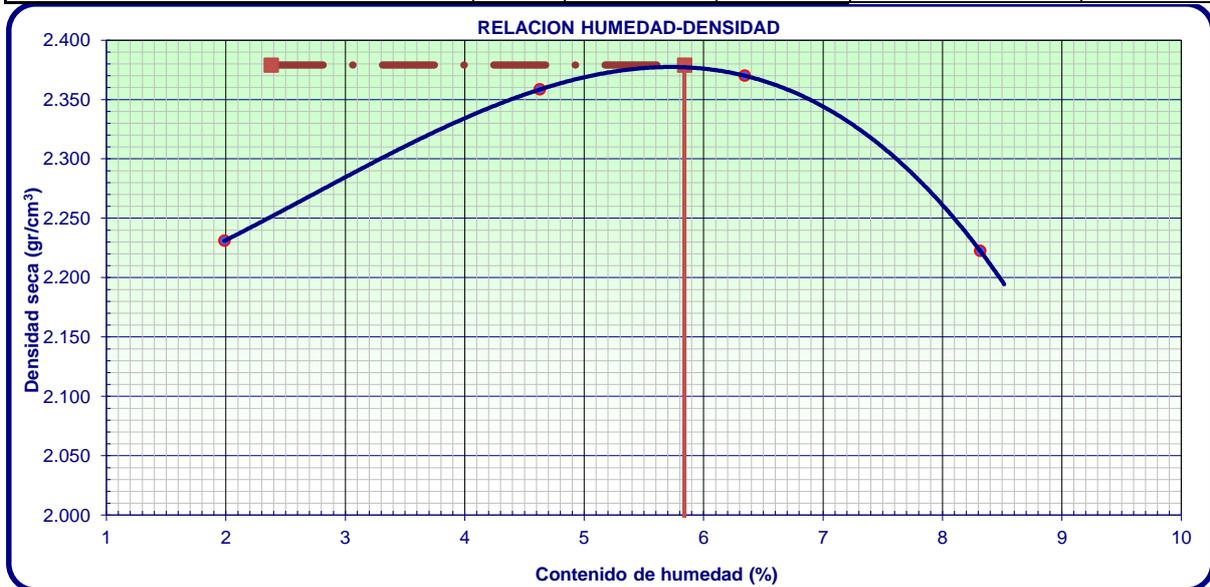
**Tabla 57: Proctor Modificado 1.5 % segundo ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11235</b>	<b>11655</b>	<b>11754</b>	<b>11517</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4745	5165	5264	5027
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.276	2.477	2.525	2.411
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>315.3</b>	<b>378.2</b>	<b>341.0</b>	<b>389.9</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>310.0</b>	<b>363.3</b>	<b>324.1</b>	<b>363.2</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	5.3	14.9	16.9	26.7
Peso del suelo seco	gr.	253.7	311.9	266.0	314.1
Contenido de agua	%	2.1	4.8	6.4	8.5
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.229</b>	<b>2.364</b>	<b>2.374</b>	<b>2.222</b>

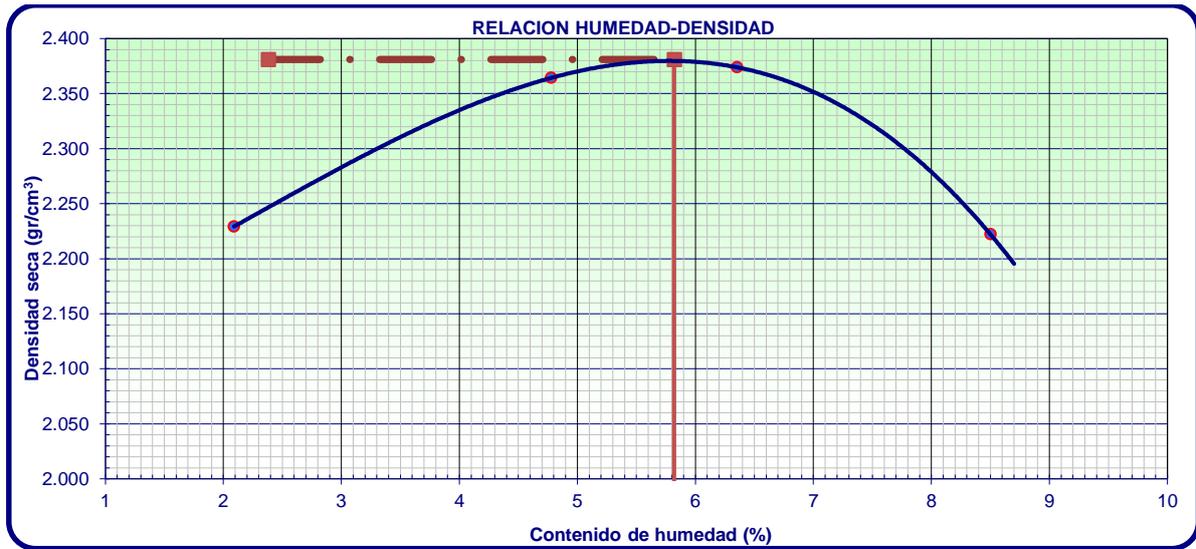
**Tabla 58: Proctor Modificado 1.5 % tercer ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

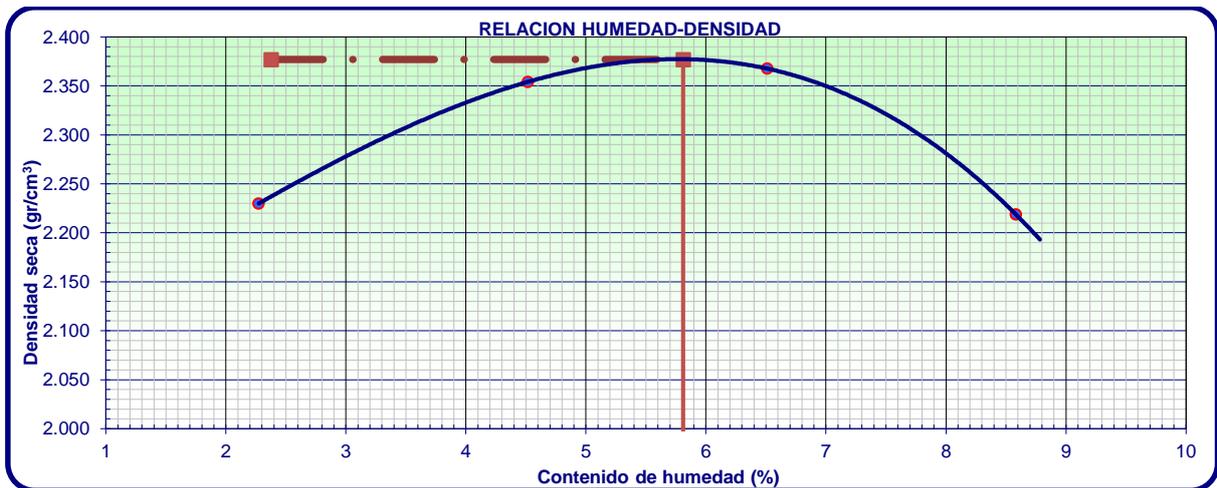
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11245</b>	<b>11620</b>	<b>11748</b>	<b>11513</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4755	5130	5258	5023
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.281	2.460	2.522	2.409
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>245.3</b>	<b>287.5</b>	<b>241.3</b>	<b>230.0</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>241.1</b>	<b>277.3</b>	<b>230.1</b>	<b>215.7</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.2	10.2	11.2	14.3
Peso del suelo seco	gr.	184.8	225.9	172.0	166.6
Contenido de agua	%	2.3	4.5	6.5	8.6
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.230</b>	<b>2.354</b>	<b>2.368</b>	<b>2.219</b>



**Figura 41: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 1.5%**



**Figura 42: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 1.5%**



**Figura 43: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 1.5%**

**Tabla 59: resultados primer ensayo – 1.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.379</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.840</b>

**Tabla 60: resultados segundo ensayo – 1.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.381</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.820</b>

**Tabla 61: resultados tercer ensayo - 1.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.377</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.810</b>

#### 4.4.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 1.5% Caucho

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 1.5% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 125.3 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual cumple también con la especificación del MTC, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 62: CBR primer ensayo – 1.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13154</b>	<b>12812</b>	<b>12734</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5320	5063	4803									
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.518	2.396	2.267									
Humedad	(%)	6.700	6.240	6.290									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.360</b>	<b>2.255</b>	<b>2.133</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>245.30</b>	<b>214.60</b>	<b>378.40</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>233.20</b>	<b>205.30</b>	<b>359.00</b>									
Peso del Agua	(g)	12.10	9.30	19.40									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	180.60	149.10	308.40									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.70</b>	<b>6.24</b>	<b>6.29</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAN D. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	177.2			0.64	171.2			0.64	104.3		
0.050		1.27	299.7			1.27	365.9			1.27	158.4		
0.075		1.91	453.3			1.91	476.1			1.91	164.5		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	1152.2	1152.2 0	115. 2	<b>2.54</b>	617.9	617.85	61.8	<b>2.54</b>	178.3	178.30	17.8
0.125		<b>3.18</b>	1354.3			<b>3.18</b>	774.3			<b>3.18</b>	225.5		
0.150		<b>3.81</b>	1799.8			<b>3.81</b>	881.6			<b>3.81</b>	283.6		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	2112.3	2112.3 0	140. 8	<b>5.08</b>	1087.3	1087.31	72.5	<b>5.08</b>	328.4	328.40	21.9
0.300		<b>7.62</b>	3012.3			<b>7.62</b>	1440.7			<b>7.62</b>	412.9		
0.400		<b>10.16</b>	3745.3			<b>10.16</b>	1673.6			<b>10.16</b>	544.4		
0.500		<b>13</b>	4953.2			<b>13</b>	1927.0			<b>13</b>	589.9		

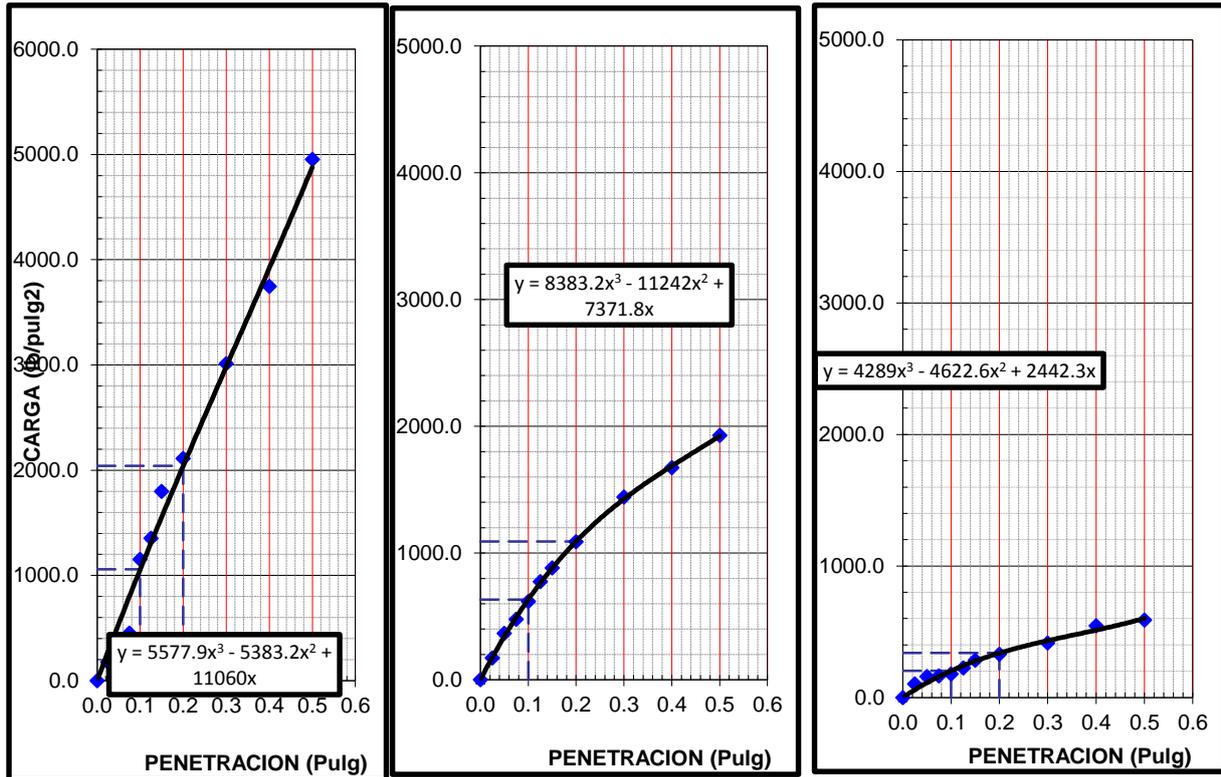


Figura 44: Carga vs penetraci3n 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 1.5%

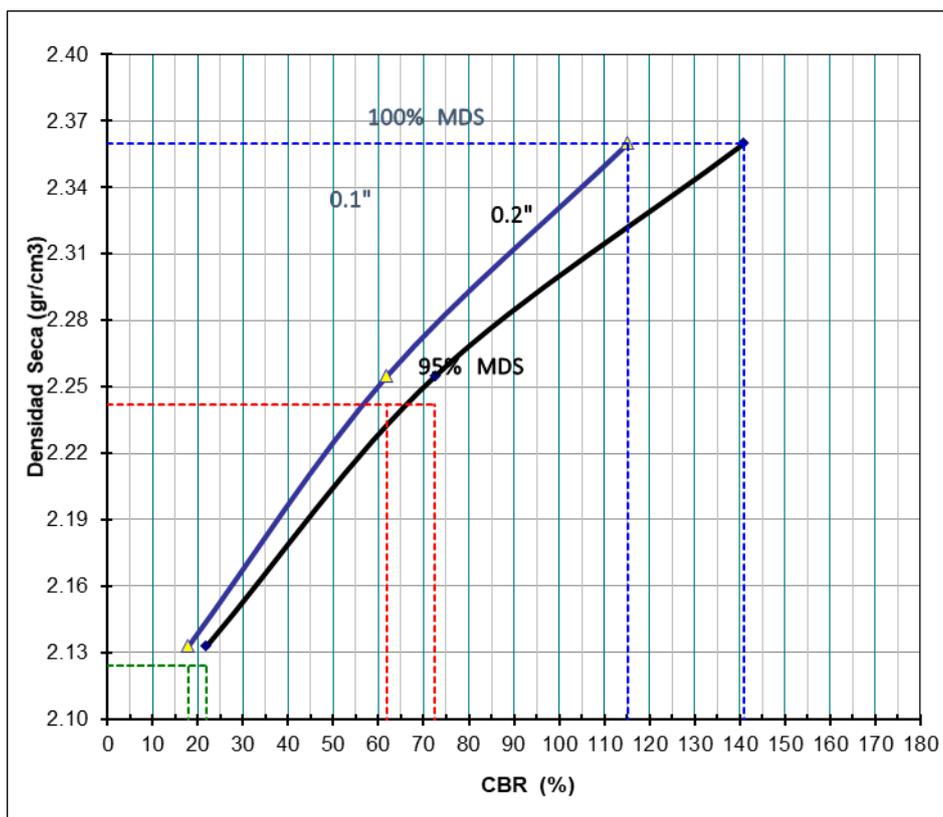


Figura 45: Densidad vs CBR primer ensayo – 1.5%

Tabla 63: CBR segundo ensayo – 1.5%

Molde N°		1	2	3
N° Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(g)	13165	12821	12724
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931
Peso del suelo húmedo	(g)	5331	5072	4793
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.523	2.400	2.262
Humedad	(%)	6.390	6.370	6.270
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.371</b>	<b>2.256</b>	<b>2.129</b>
Tarro N°		1	2	3
Tarro + Suelo húmedo	(g)	325.60	345.10	320.00
Tarro + Suelo seco	(g)	309.20	327.80	304.10
Peso del Agua	(g)	16.40	17.30	15.90
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo seco	(g)	256.60	271.60	253.50
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.39</b>	<b>6.37</b>	<b>6.27</b>
<b>PENETRACION</b>				

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	231.1			0.64	204.5			0.64	123.9		
0.050		1.27	318.8			1.27	407.9			1.27	217.4		
0.075		1.91	470.3			1.91	534.1			1.91	214.5		
0.100	1000.0	2.54	1187.9	1187.90	118.8	2.54	640.2	640.20	64.0	2.54	221.6	221.60	22.2
0.125		3.18	1408.3			3.18	784.3			3.18	249.5		
0.150		3.81	1802.8			3.81	903.6			3.81	321.6		
0.200	1500.0	5.08	2158.1	2158.10	143.9	5.08	1131.5	1131.50	75.4	5.08	340.1	340.10	22.7
0.300		7.62	3068.9			7.62	1464.7			7.62	447.9		
0.400		10.16	3784.3			10.16	1686.6			10.16	599.4		
0.500		13	5017.7			13	1986.3			13	621.0		

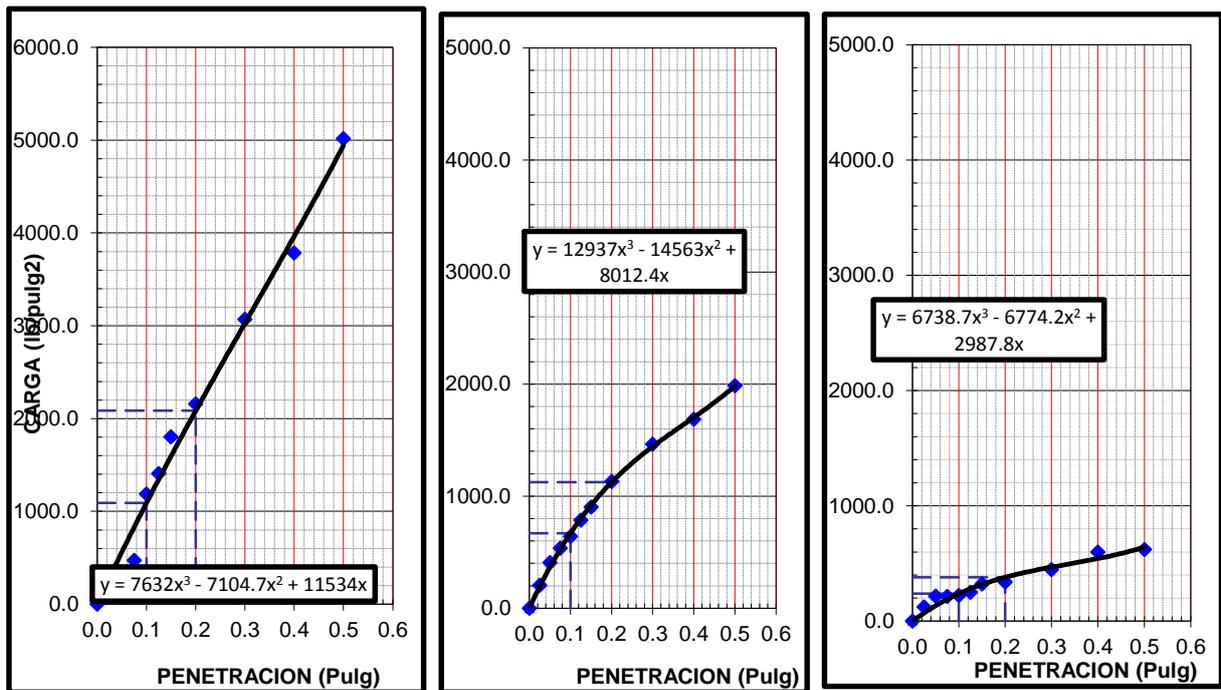
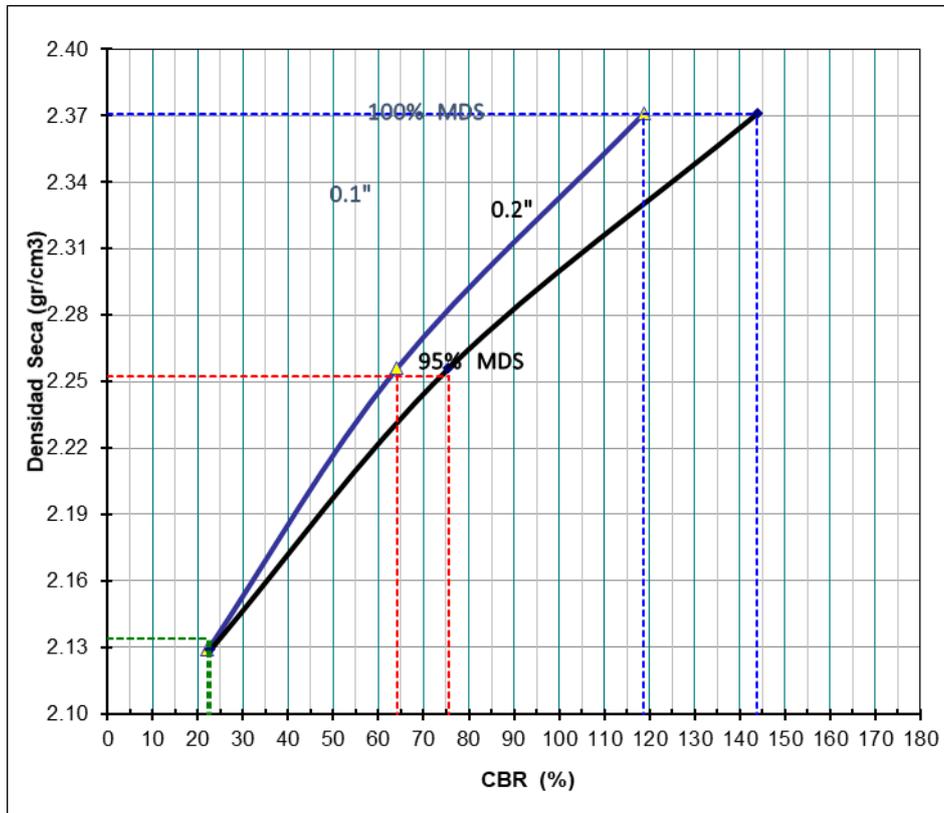


Figura 46: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 1.5%



**Figura 47: Densidad vs CBR segundo ensayo – 1.5%**

**Tabla 64: CBR Tercer ensayo – 1.5%**

Molde N°		1	2	3
N° Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(g)	13169	12829	12724
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931
Peso del suelo húmedo	(g)	5335	5080	4793
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.525	2.404	2.262
Humedad	(%)	6.830	5.970	6.010
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.364</b>	<b>2.269</b>	<b>2.134</b>
Tarro N°		1	2	3
Tarro + Suelo húmedo	(g)	341.90	387.90	347.00
Tarro + Suelo seco	(g)	323.40	369.20	330.20
Peso del Agua	(g)	18.50	18.70	16.80
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo seco	(g)	270.80	313.00	279.60

Humedad		6.83				5.97				6.01			
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	202.1			0.64	229.9			0.64	144.6		
0.050		1.27	346.7			1.27	378.9			1.27	208.4		
0.075		1.91	752.3			1.91	536.1			1.91	205.7		
0.100	1000.0	2.54	1202.1	1202.10	120.2	2.54	680.2	680.20	68.0	2.54	199.3	199.30	19.9
0.125		3.18	1418.3			3.18	783.3			3.18	246.5		
0.150		3.81	1806.8			3.81	899.6			3.81	290.6		
0.200	1500.0	5.08	2127.9	2127.90	141.9	5.08	1133.3	1133.31	75.6	5.08	356.8	356.80	23.8
0.300		7.62	3035.3			7.62	1467.4			7.62	423.9		
0.400		10.16	3809.3			10.16	1688.6			10.16	597.4		
0.500		13	4969.1			13	1946.5			13	609.1		

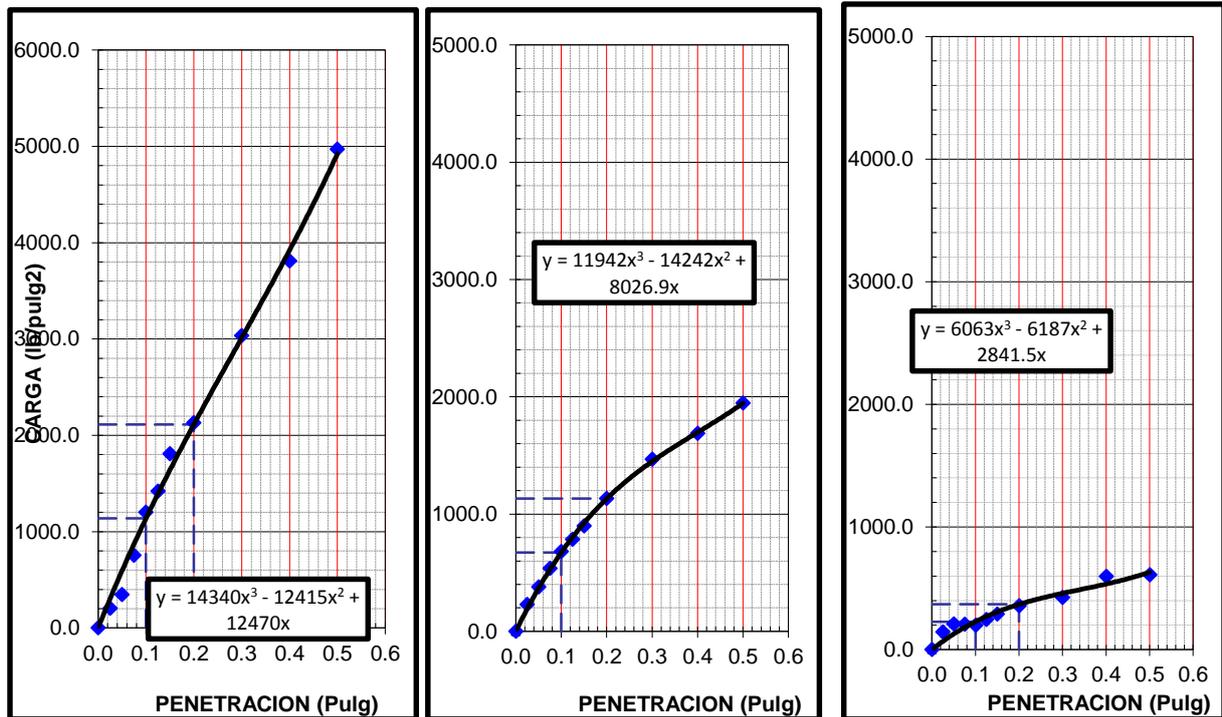
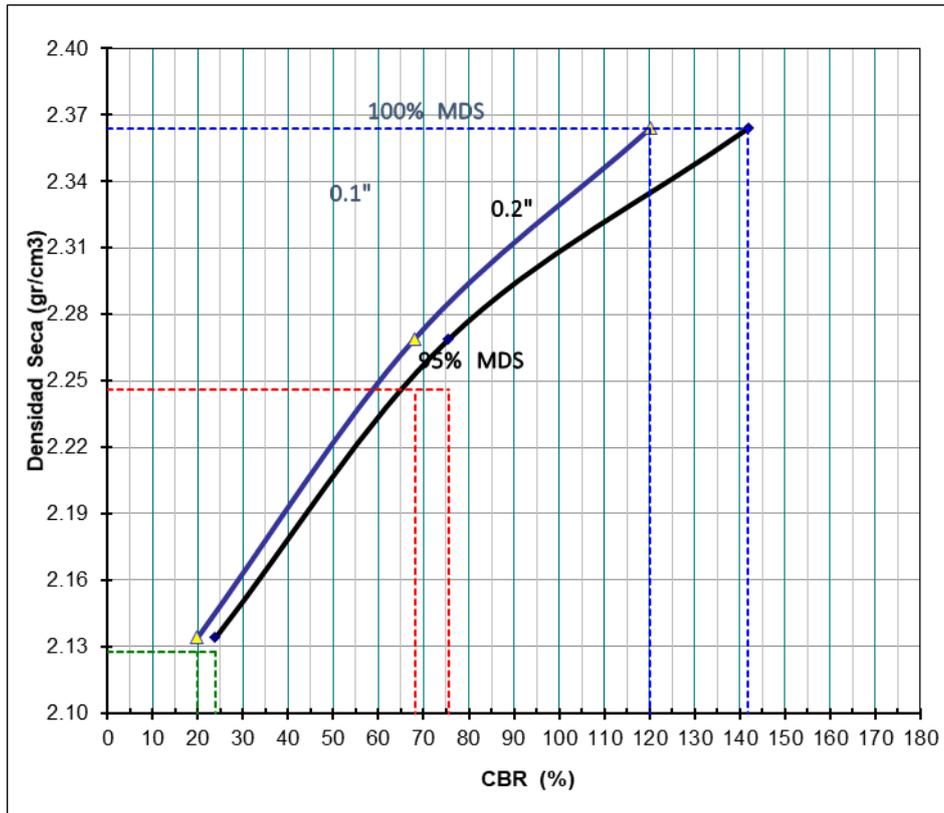


Figura 48: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 1.5%



**Figura 49: Densidad vs CBR tercer ensayo – 1.5%**

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 65: Tabla de expansión – 1.5%**

EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
		0											
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>										
		48											
		72											
		96											
		96											

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 66: Resultados CBR Primer ensayo – 1.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>124.9</b>	<b>0.2":</b>	<b>153.2</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>64.4</b>	<b>0.2":</b>	<b>75.8</b>

**Tabla 67: Resultados CBR segundo ensayo – 1.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1'':</b>	<b>123.6</b>	<b>0.2'':</b>	<b>149.8</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1'':</b>	<b>66.9</b>	<b>0.2'':</b>	<b>79.0</b>

**Tabla 68: Resultados CBR tercer ensayo – 1.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1'':</b>	<b>127.4</b>	<b>0.2'':</b>	<b>150.9</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1'':</b>	<b>64.2</b>	<b>0.2'':</b>	<b>71.4</b>

#### 4.6. Análisis De Adición De 2.0% De Caucho Reciclado

##### 4.6.1. Proctor Modificado

**Tabla 69: Proctor Modificado 2 % primer ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11214</b>	<b>11602</b>	<b>11734</b>	<b>11497</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4724	5112	5244	5007
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.266	2.452	2.515	2.401
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>301.5</b>	<b>378.2</b>	<b>345.2</b>	<b>314.7</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>298.0</b>	<b>363.9</b>	<b>328.3</b>	<b>294.7</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	3.5	14.3	16.9	20.0
Peso del suelo seco	gr.	241.7	312.5	270.2	245.6
Contenido de agua	%	1.4	4.6	6.3	8.1
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.233</b>	<b>2.345</b>	<b>2.367</b>	<b>2.221</b>

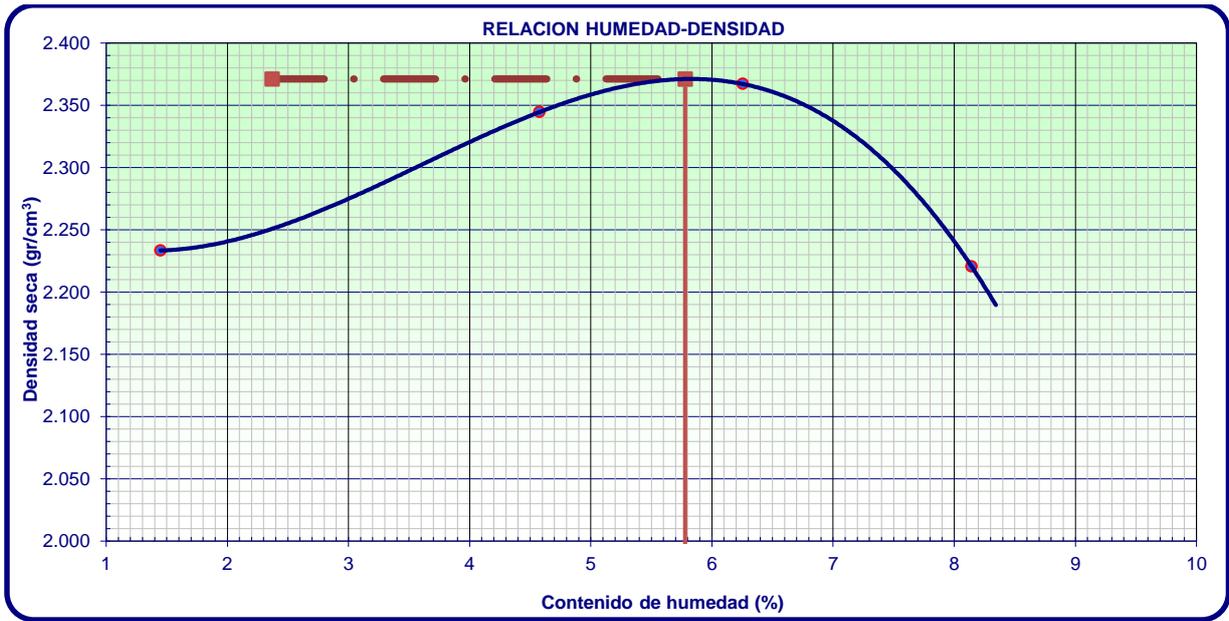
**Tabla 70: Proctor Modificado 2 % segundo ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>

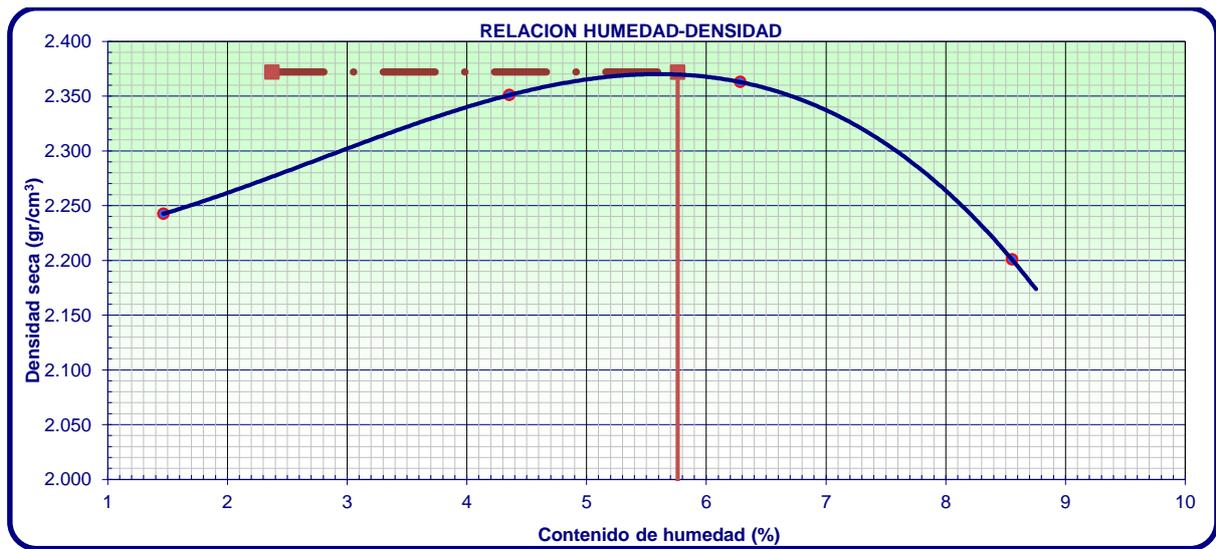
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11234</b>	<b>11605</b>	<b>11726</b>	<b>11471</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4744	5115	5236	4981
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.275	2.453	2.511	2.389
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>215.6</b>	<b>274.3</b>	<b>298.3</b>	<b>221.7</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>213.3</b>	<b>265.0</b>	<b>284.1</b>	<b>208.1</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	2.3	9.3	14.2	13.6
Peso del suelo seco	gr.	157.0	213.6	226.0	159.0
Contenido de agua	%	1.5	4.4	6.3	8.6
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.242</b>	<b>2.351</b>	<b>2.363</b>	<b>2.201</b>

**Tabla 71: Proctor Modificado 2 % tercer ensayo**

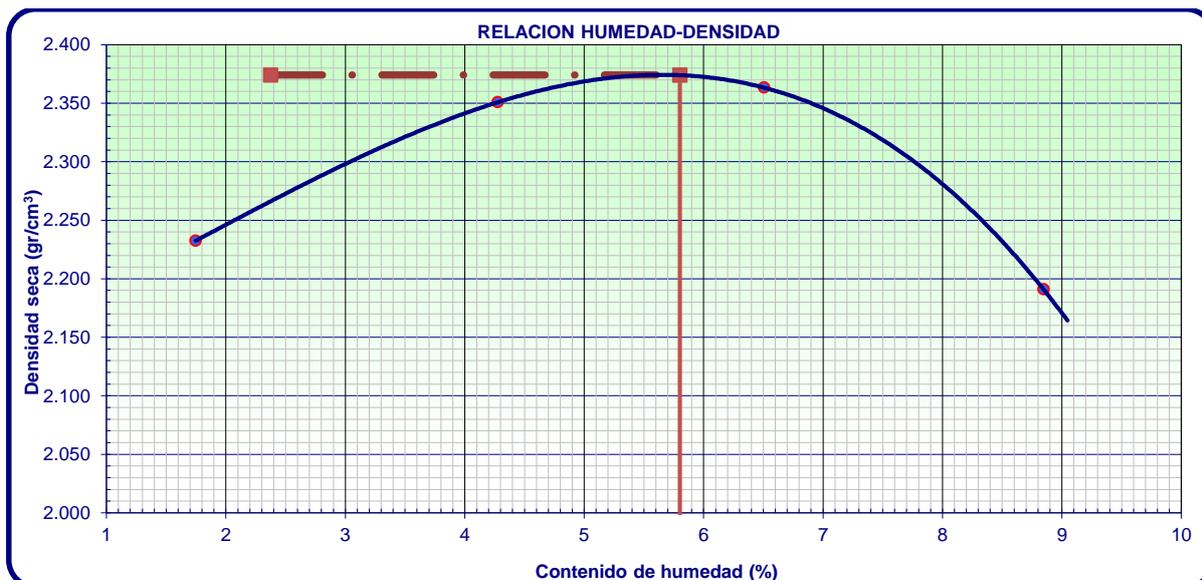
Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11226</b>	<b>11601</b>	<b>11738</b>	<b>11462</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4736	5111	5248	4972
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.271	2.451	2.517	2.385
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>248.6</b>	<b>241.6</b>	<b>274.2</b>	<b>284.1</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>245.3</b>	<b>233.8</b>	<b>261.0</b>	<b>265.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	3.3	7.8	13.2	19.1
Peso del suelo seco	gr.	189.0	182.4	202.9	215.9
Contenido de agua	%	1.7	4.3	6.5	8.8
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.232</b>	<b>2.351</b>	<b>2.363</b>	<b>2.191</b>



**Figura 50: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 2%**



**Figura 51: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 2%**



**Figura 52: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 2%**

**Tabla 72: resultados primer ensayo – 2%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.371</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.780</b>

**Tabla 73: resultados segundo ensayo – 2%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.372</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.760</b>

**Tabla 74: resultados tercer ensayo - 2%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.374</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.800</b>

#### **4.6.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 2% Caucho**

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 2% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 112.4 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual cumple también con la especificación del MTC, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 75: CBR primer ensayo – 2%**

Molde N°		1		2		3							
N° Capa		5		5		5							
Golpes por capa N°		56		25		12							
Cond. de la muestra		NO SATURADO		NO SATURADO		NO SATURADO							
Peso molde + suelo húmedo	(g)	13115		12791		12714							
Peso de molde	(g)	7834		7749		7931							
Peso del suelo húmedo	(g)	5281		5042		4783							
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	2113		2113		2119							
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.499		2.386		2.257							
Humedad	(%)	6.350		6.320		6.010							
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.350</b>		<b>2.244</b>		<b>2.129</b>							
Tarro N°		1		2		3							
Tarro + Suelo húmedo	(g)	315.70		345.60		389.10							
Tarro + Suelo seco	(g)	300.00		328.40		369.90							
Peso del Agua	(g)	15.70		17.20		19.20							
Peso del tarro	(g)	52.60		56.20		50.60							
Peso del suelo seco	(g)	247.40		272.20		319.30							
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.35</b>		<b>6.32</b>		<b>6.01</b>							
<b>PENETRACION</b>													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg <sup>2</sup>	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	%	Dial (div)	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	%	Dial (div)	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	80.1			0.64	65.1			0.64	75.7		
0.050		1.27	366.0			1.27	111.5			1.27	123.4		
0.075		1.91	561.5			1.91	164.5			1.91	171.9		
0.100	1000.0	2.54	997.2	997.20	99.7	2.54	234.4	234.40	23.4	2.54	199.9	199.90	20.0
0.125		3.18	1180.7			3.18	334.2			3.18	279.9		
0.150		3.81	1562.0			3.81	457.9			3.81	317.4		
0.200	1500.0	5.08	1754.3	1754.30	117.0	5.08	627.6	627.60	41.8	5.08	423.2	423.17	28.2
0.300		7.62	2001.8			7.62	781.7			7.62	566.4		
0.400		10.16	2514.7			10.16	1236.4			10.16	703.8		
0.500		13	2786.9			13	1614.8			13	803.7		

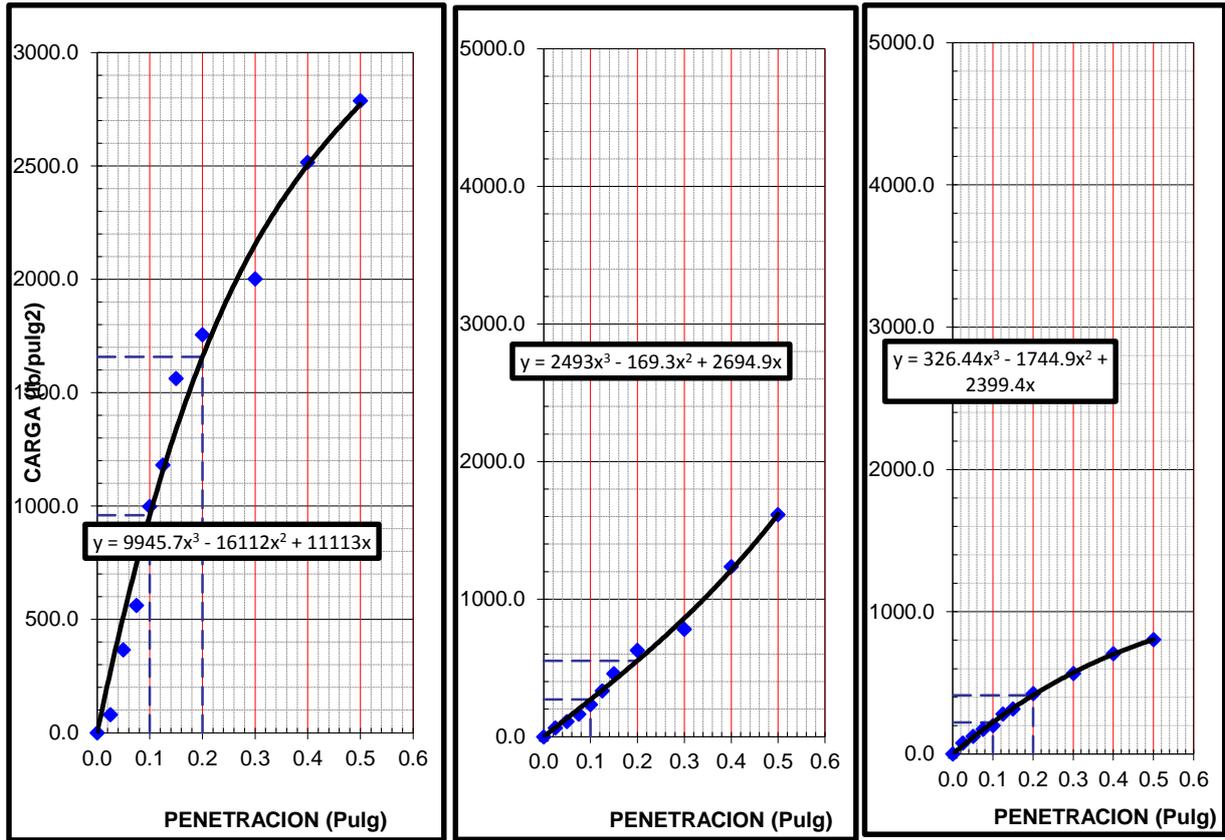
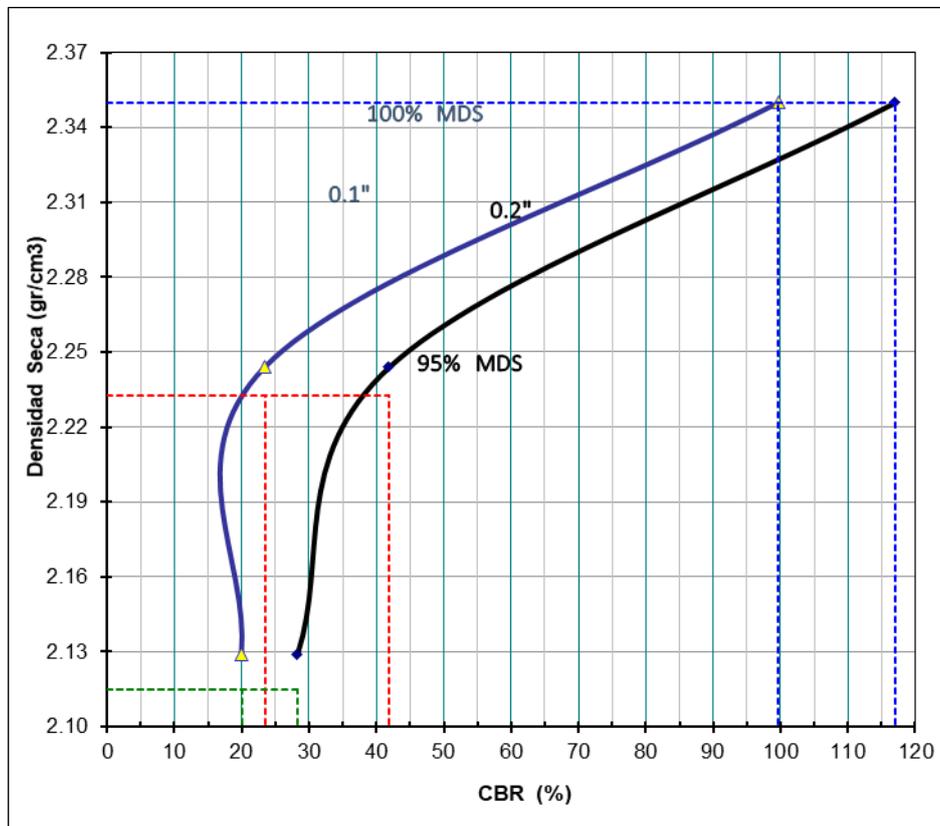


Figura 53: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 2%



**Figura 54: Densidad vs CBR primer ensayo – 2%**

**Tabla 76: CBR segundo ensayo – 2%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	13120	12783	12729									
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931									
Peso del suelo húmedo	(g)	5286	5034	4798									
Volumen del molde	(cm3)	2113	2113	2119									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.502	2.382	2.264									
Humedad	(%)	5.990	6.600	5.980									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.361</b>	<b>2.235</b>	<b>2.136</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	305.50	329.20	341.20									
Tarro + Suelo seco	(g)	291.20	312.30	324.80									
Peso del Agua	(g)	14.30	16.90	16.40									
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60									
Peso del suelo seco	(g)	238.60	256.10	274.20									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.99</b>	<b>6.60</b>	<b>5.98</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	115.1			0.64	118.1			0.64	141.7		
0.050		1.27	423.0			1.27	116.5			1.27	189.4		
0.075		1.91	634.5			1.91	191.5			1.91	182.9		
0.100	1000.0	2.54	1057.2	1057.20	105.7	2.54	306.4	306.40	30.6	2.54	226.9	226.90	22.7
0.125		3.18	1203.7			3.18	380.2			3.18	285.9		
0.150		3.81	1586.0			3.81	516.9			3.81	326.4		
0.200	1500.0	5.08	1796.3	1796.30	119.8	5.08	665.6	665.60	44.4	5.08	456.2	456.17	30.4
0.300		7.62	2023.8			7.62	799.7			7.62	622.4		
0.400		10.16	2587.7			10.16	1297.4			10.16	732.8		
0.500		13	2805.9			13	1629.8			13	822.7		

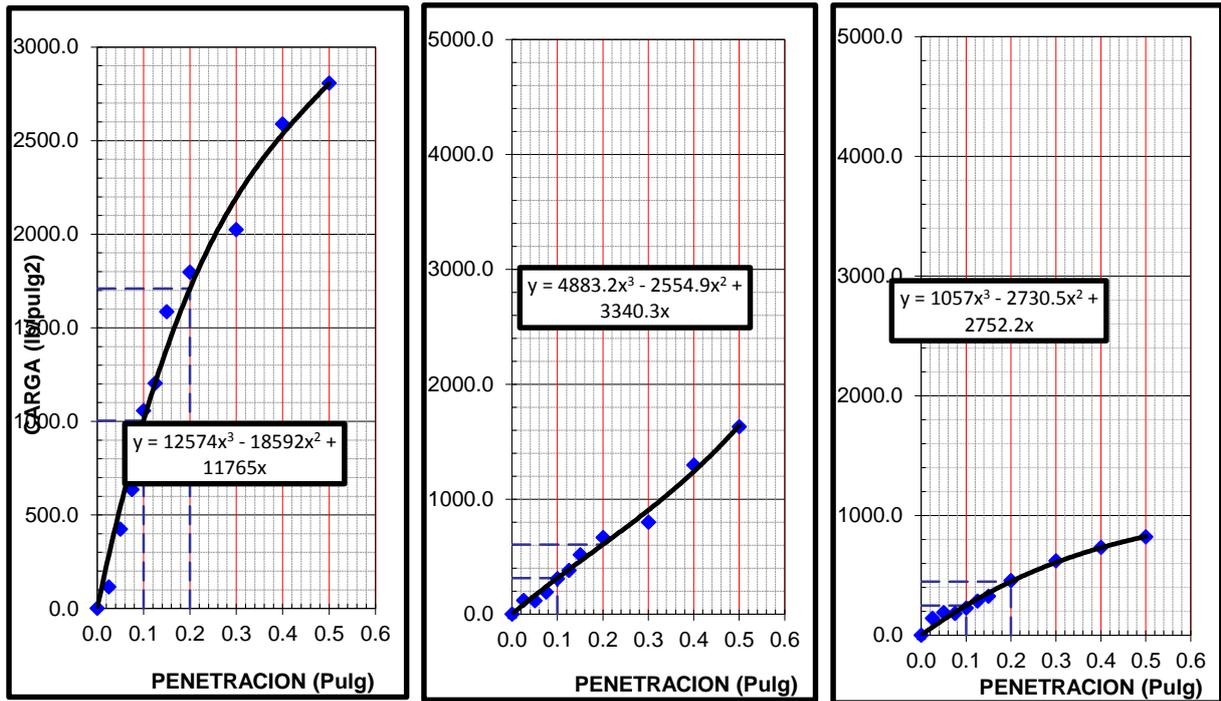


Figura 55: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 2%

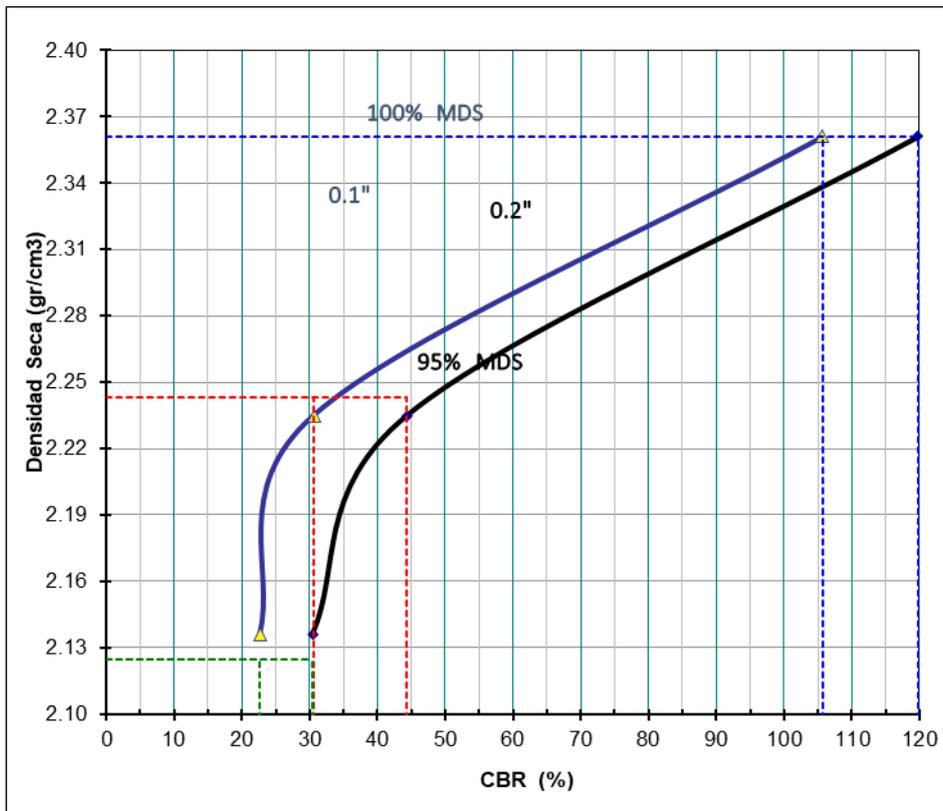


Figura 56: Densidad vs CBR segundo ensayo – 2%

Tabla 77: CBR Tercer ensayo – 2%

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13122</b>	<b>12789</b>	<b>12722</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5288	5040	4791
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.503	2.385	2.261
Humedad	(%)	5.950	5.640	5.840
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.362</b>	<b>2.258</b>	<b>2.136</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>325.10</b>	<b>378.40</b>	<b>316.90</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>309.80</b>	<b>361.20</b>	<b>302.20</b>
Peso del Agua	(g)	15.30	17.20	14.70
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	257.20	305.00	251.60
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.95</b>	<b>5.64</b>	<b>5.84</b>

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	109.9			<b>0.64</b>	135.7			<b>0.64</b>	123.2		
0.050		<b>1.27</b>	405.0			<b>1.27</b>	151.5			<b>1.27</b>	181.4		
0.075		<b>1.91</b>	630.5			<b>1.91</b>	237.5			<b>1.91</b>	177.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	1014.3	1014.3 0	101.4	<b>2.54</b>	273.8	273.80	27.4	<b>2.54</b>	240.3	240.30	24.0
0.125		<b>3.18</b>	1226.7			<b>3.18</b>	363.2			<b>3.18</b>	314.9		
0.150		<b>3.81</b>	1586.0			<b>3.81</b>	528.9			<b>3.81</b>	334.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1760.4	1760.4 0	117.4	<b>5.08</b>	658.9	658.90	43.9	<b>5.08</b>	425.4	425.40	28.4
0.300		<b>7.62</b>	2047.5			<b>7.62</b>	850.7			<b>7.62</b>	598.4		
0.400		<b>10.16</b>	2586.7			<b>10.16</b>	1295.4			<b>10.16</b>	712.8		
0.500		<b>13</b>	2837.6			<b>13</b>	1614.1			<b>13</b>	819.5		

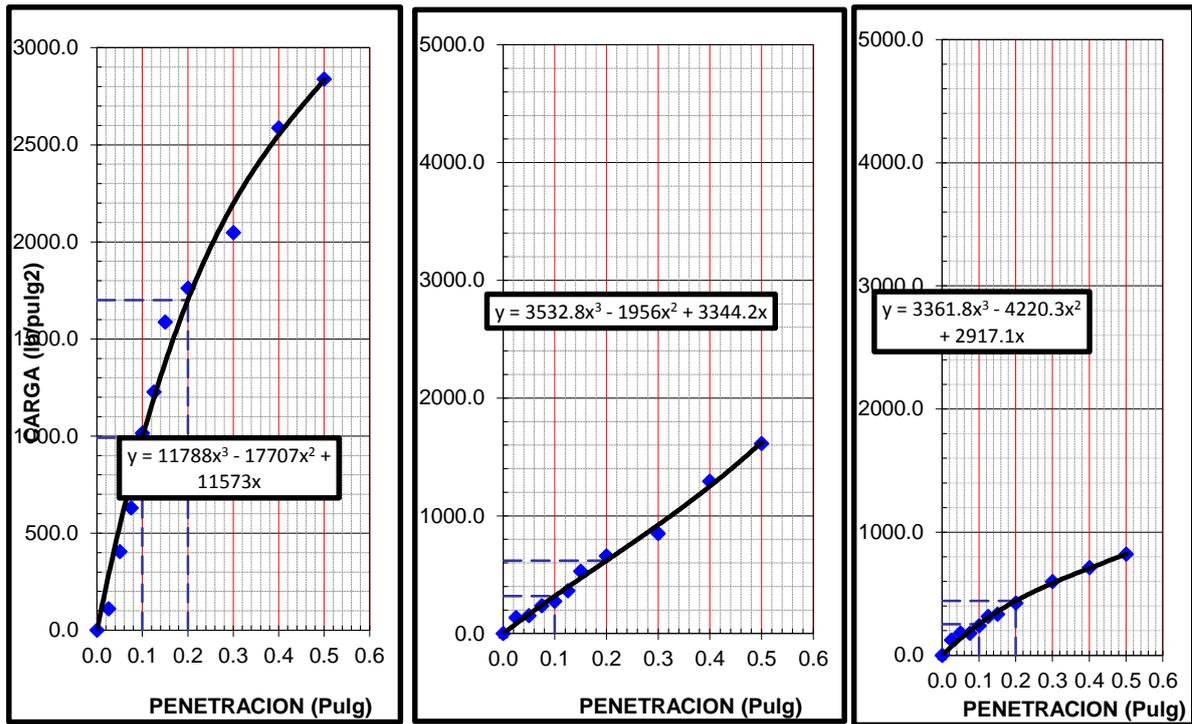


Figura 57: Carga vs penetración 56, 25 Y 12 golpes tercer ensayo – 2%

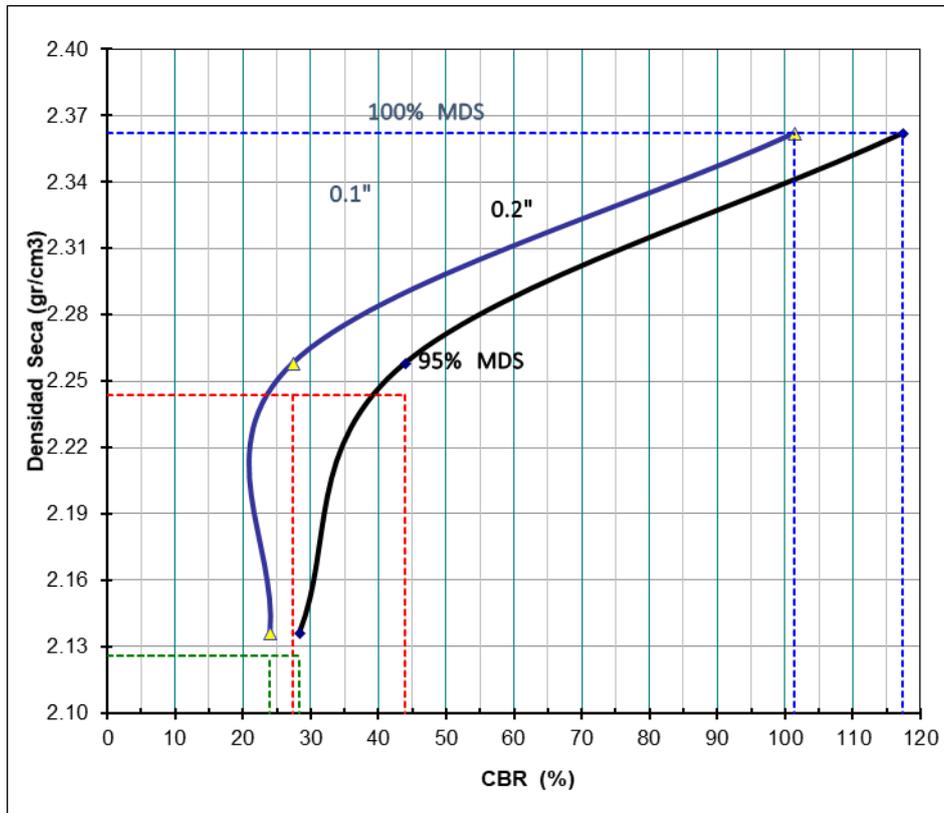


Figura 58: Densidad vs CBR tercer ensayo – 2%

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 78: Tabla de expansión – 2%**

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0									
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>								
		48									
		72									
		96									
		96									

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 79: Resultados CBR Primer ensayo – 2%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	114.8	0.2":	131.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	29.5	0.2":	47.8

**Tabla 80: Resultados CBR segundo ensayo – 2%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	112.3	0.2":	126.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.6	0.2":	55.4

**Tabla 81: Resultados CBR tercer ensayo – 2%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	110.0	0.2":	125.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	27.3	0.2":	43.6

#### 4.7. Análisis De Adición De 2.5% De Caucho Reciclado

##### 4.7.1. Proctor Modificado

**Tabla 82: Proctor Modificado 2.5 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11192	11589	11713	11471
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4702	5099	5223	4981
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.255	2.446	2.505	2.389

Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>315.9</b>	<b>345.1</b>	<b>326.4</b>	<b>389.2</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>313.0</b>	<b>332.5</b>	<b>310.2</b>	<b>364.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	2.9	12.6	16.2	25.2
Peso del suelo seco	gr.	256.7	281.1	252.1	314.9
Contenido de agua	%	1.1	4.5	6.4	8.0
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.230</b>	<b>2.341</b>	<b>2.354</b>	<b>2.212</b>

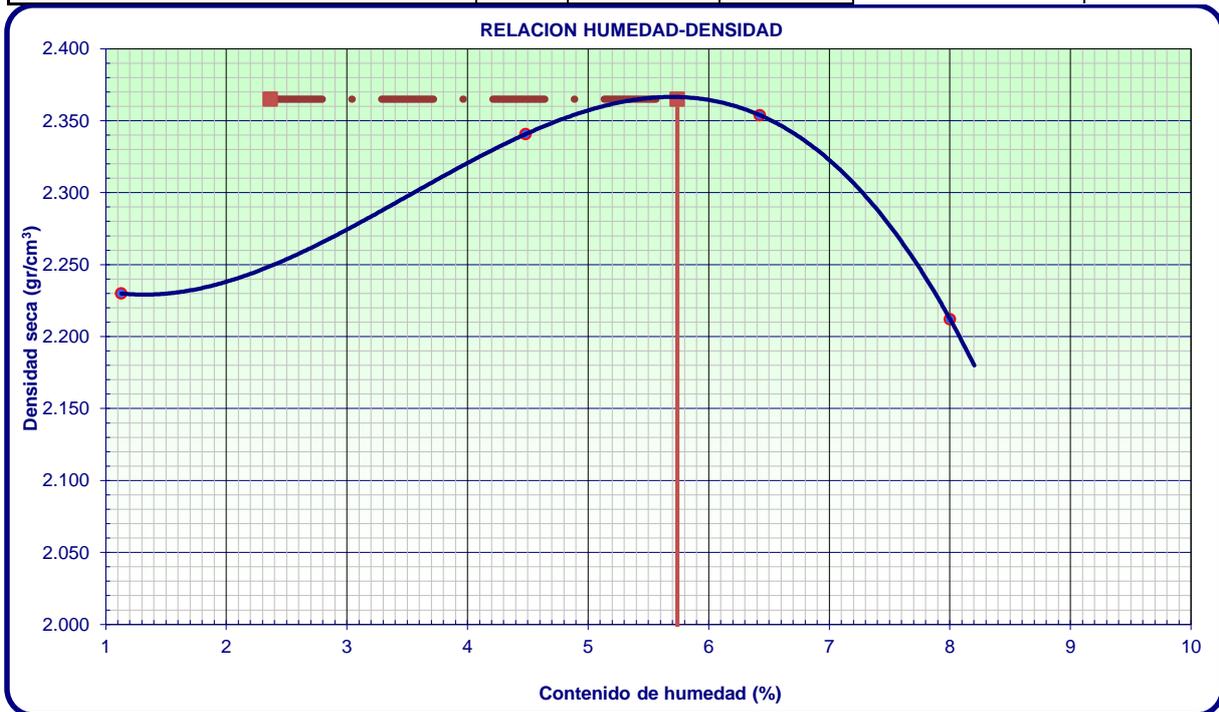
**Tabla 83: Proctor Modificado 2.5 % segundo ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11198</b>	<b>11599</b>	<b>11725</b>	<b>11462</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4708	5109	5235	4972
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.258	2.450	2.511	2.385
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>345.8</b>	<b>341.2</b>	<b>359.3</b>	<b>378.5</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>340.9</b>	<b>329.1</b>	<b>340.2</b>	<b>350.9</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.9	12.1	19.1	27.6
Peso del suelo seco	gr.	284.6	277.7	282.1	301.8
Contenido de agua	%	1.7	4.4	6.8	9.1
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.220</b>	<b>2.348</b>	<b>2.352</b>	<b>2.185</b>

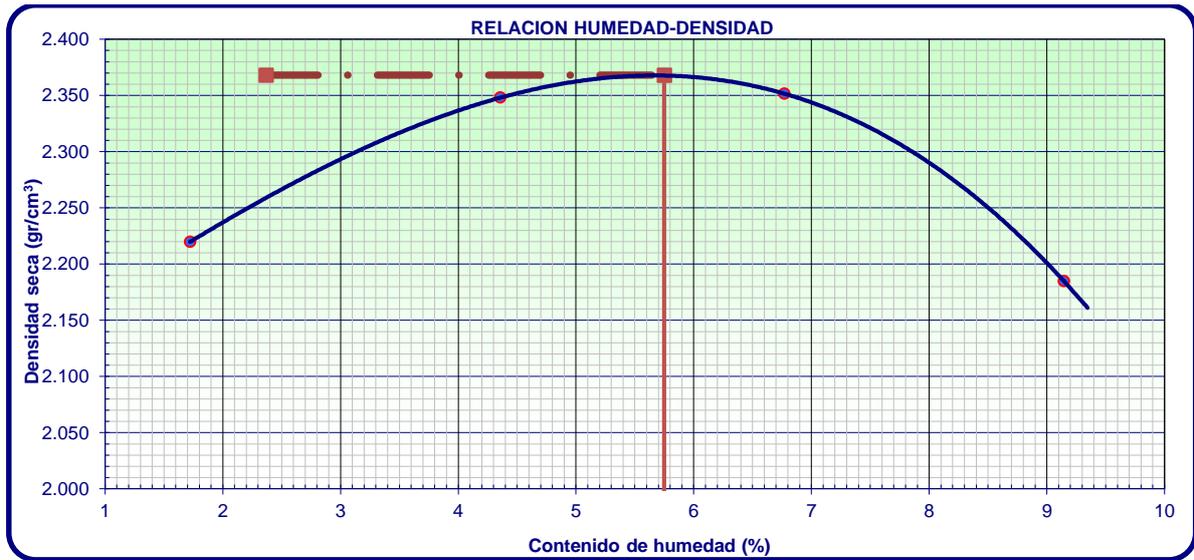
**Tabla 84: Proctor Modificado 2.5 % tercer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11181</b>	<b>11580</b>	<b>11712</b>	<b>11478</b>

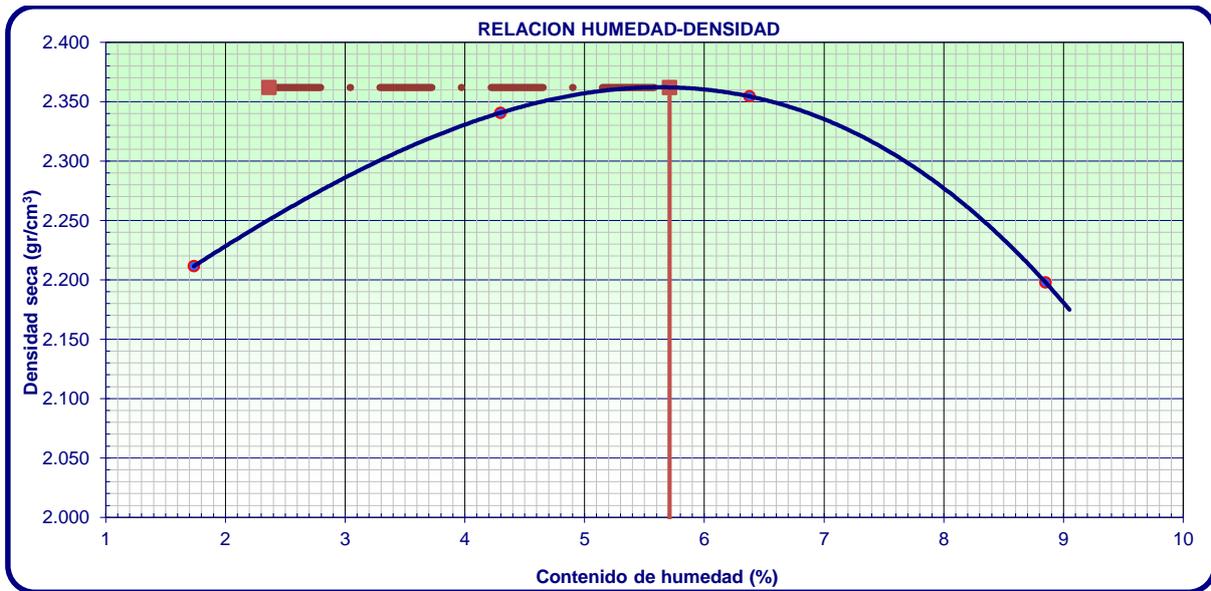
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4691	5090	5222	4988
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.250	2.441	2.505	2.392
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>325.8</b>	<b>315.9</b>	<b>378.4</b>	<b>365.2</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>321.2</b>	<b>305.0</b>	<b>359.2</b>	<b>339.5</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.6	10.9	19.2	25.7
Peso del suelo seco	gr.	264.9	253.6	301.1	290.4
Contenido de agua	%	1.7	4.3	6.4	8.8
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.211</b>	<b>2.341</b>	<b>2.354</b>	<b>2.198</b>



**Figura 59: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 2.5%**



**Figura 60: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 2.5%**



**Figura 61: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 2.5%**

**Tabla 85: resultados primer ensayo – 2.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.365</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.740</b>

**Tabla 86: resultados segundo ensayo – 2.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.368</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.750</b>

**Tabla 87: resultados tercer ensayo - 2.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.362</b>
---------------------------------------	--------------

Humedad óptima (%)	<b>5.710</b>
--------------------	--------------

**4.7.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 2.5%**

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 2.5% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 106.2 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual cumple también con la especificación del MTC, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 88: CBR primer ensayo – 2.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13101</b>	<b>12776</b>	<b>12700</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5267	5027	4769									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.493	2.379	2.251									
Humedad	(%)	6.000	6.300	6.410									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.352</b>	<b>2.238</b>	<b>2.115</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>248.60</b>	<b>278.90</b>	<b>289.50</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>237.50</b>	<b>265.70</b>	<b>275.10</b>									
Peso del Agua	(g)	11.10	13.20	14.40									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	184.90	209.50	224.50									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.00</b>	<b>6.30</b>	<b>6.41</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	98.3			0.64	74.2			0.64	44.7		
0.050		1.27	245.8			1.27	195.3			1.27	80.4		

0.075		<b>1.91</b>	498.6			<b>1.91</b>	245.8			<b>1.91</b>	132.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	992.3	992.30	99.2	<b>2.54</b>	374.1	374.10	37.4	<b>2.54</b>	156.9	156.90	15.7
0.125		<b>3.18</b>	1236.3			<b>3.18</b>	492.0			<b>3.18</b>	229.9		
0.150		<b>3.81</b>	1358.1			<b>3.81</b>	619.3			<b>3.81</b>	284.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1675.2	1675.20	111.7	<b>5.08</b>	753.3	753.30	50.2	<b>5.08</b>	382.2	382.17	25.5
0.300		<b>7.62</b>	1896.2			<b>7.62</b>	951.3			<b>7.62</b>	532.4		
0.400		<b>10.16</b>	2001.9			<b>10.16</b>	1187.3			<b>10.16</b>	664.8		
0.500		<b>13</b>	2415.7			<b>13</b>	1457.2			<b>13</b>	771.7		

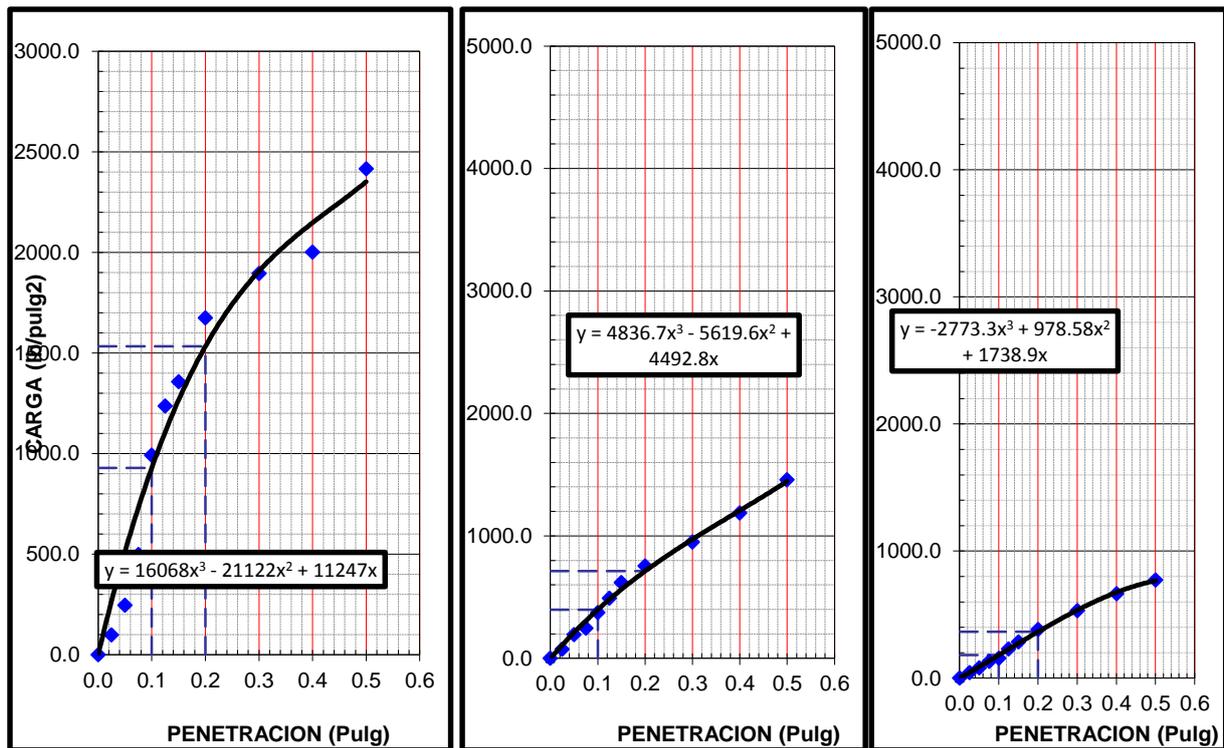


Figura 62: Carga vs penetración 56 golpes primer ensayo – 2.5%

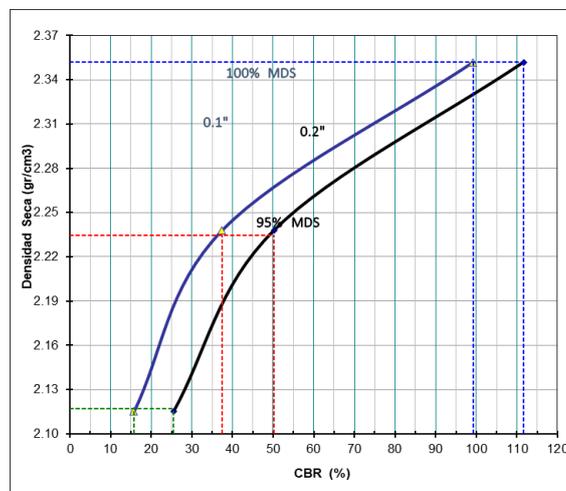


Figura 63: Densidad vs CBR primer ensayo – 2.5%

**Tabla 89: CBR segundo ensayo – 2.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13124</b>	<b>12764</b>	<b>12709</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5290	5015	4778									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.504	2.373	2.255									
Humedad	(%)	6.020	6.460	6.890									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.362</b>	<b>2.229</b>	<b>2.110</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>341.20</b>	<b>395.60</b>	<b>374.80</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>324.80</b>	<b>375.00</b>	<b>353.90</b>									
Peso del Agua	(g)	16.40	20.60	20.90									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	272.20	318.80	303.30									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.02</b>	<b>6.46</b>	<b>6.89</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	131.1			<b>0.64</b>	88.7			<b>0.64</b>	48.2		
0.050		<b>1.27</b>	305.8			<b>1.27</b>	227.3			<b>1.27</b>	94.4		
0.075		<b>1.91</b>	551.2			<b>1.91</b>	250.8			<b>1.91</b>	179.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	1006.3	1006.3 0	100. 6	<b>2.54</b>	416.8	416.80	41.7	<b>2.54</b>	169.3	169.30	16.9
0.125		<b>3.18</b>	1317.3			<b>3.18</b>	506.0			<b>3.18</b>	243.9		
0.150		<b>3.81</b>	1411.4			<b>3.81</b>	683.3			<b>3.81</b>	369.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1726.5	1726.5 0	115. 1	<b>5.08</b>	767.9	767.90	51.2	<b>5.08</b>	452.4	452.40	30.2
0.300		<b>7.62</b>	1941.2			<b>7.62</b>	983.3			<b>7.62</b>	555.4		
0.400		<b>10.16</b>	2037.9			<b>10.16</b>	1216.3			<b>10.16</b>	690.5		
0.500		<b>13</b>	2428.6			<b>13</b>	1519.1			<b>13</b>	844.6		

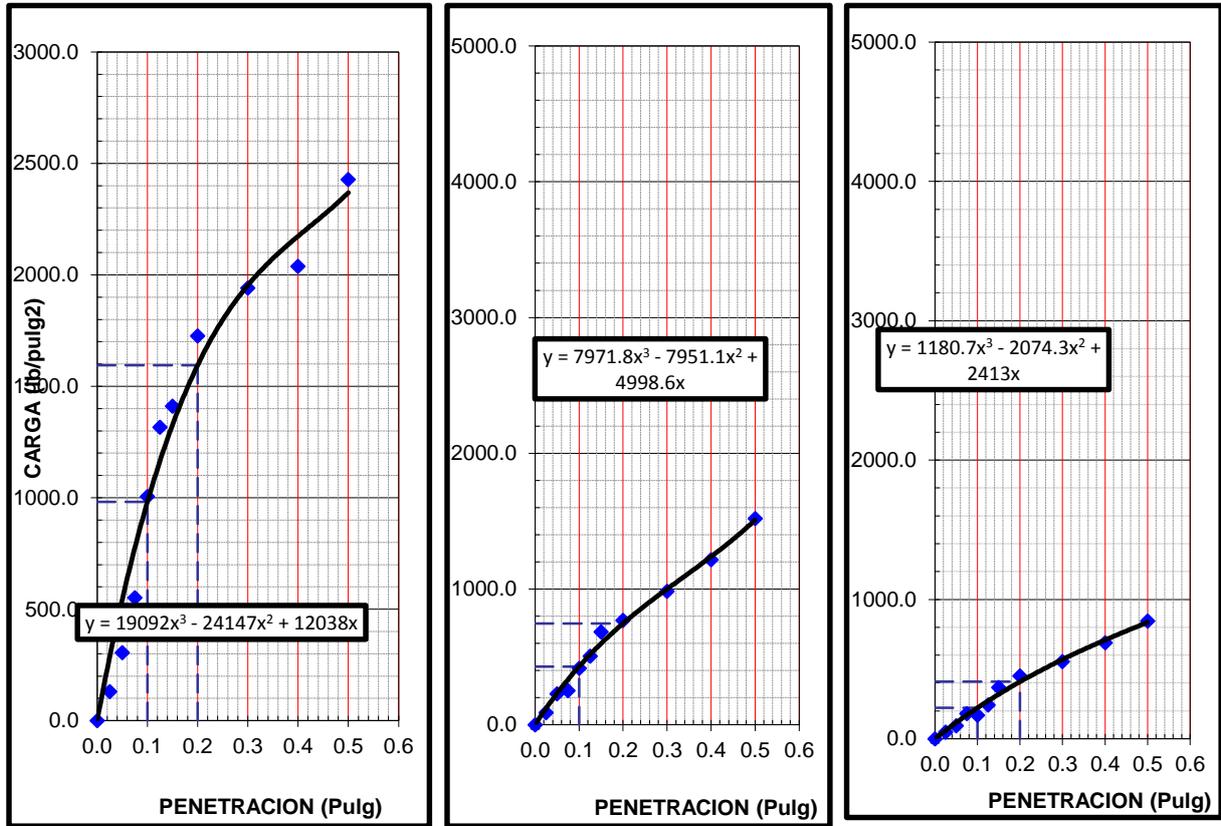


Figura 64: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 2.5%

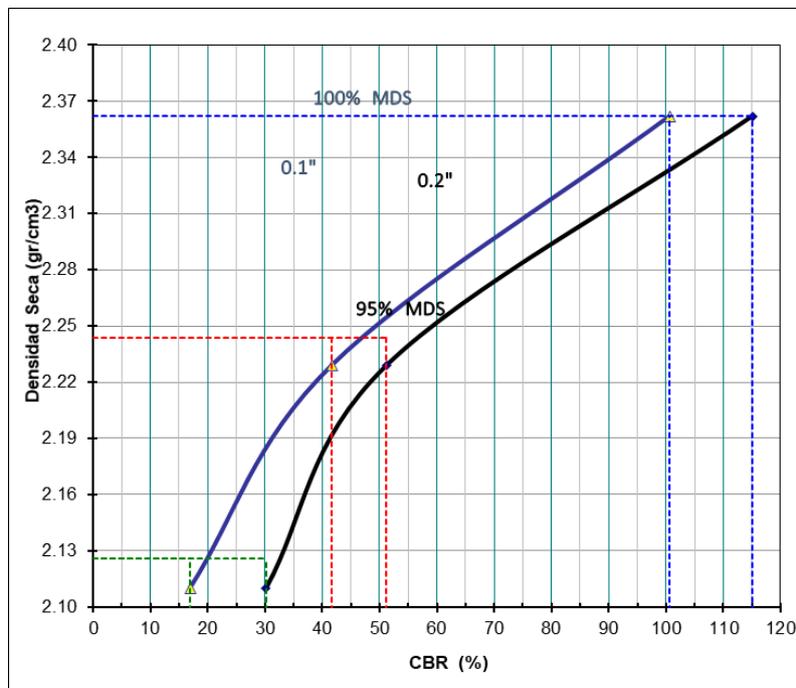


Figura 65: Densidad vs CBR segundo ensayo – 2.5%

**Tabla 90: CBR Tercer ensayo – 2.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13118</b>	<b>12759</b>	<b>12710</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5284	5010	4779									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.501	2.371	2.255									
Humedad	(%)	6.000	5.720	6.180									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.359</b>	<b>2.243</b>	<b>2.124</b>									
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>245.10</b>	<b>285.20</b>	<b>299.90</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>234.20</b>	<b>272.80</b>	<b>285.40</b>									
Peso del Agua	(g)	10.90	12.40	14.50									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	181.60	216.60	234.80									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.00</b>	<b>5.72</b>	<b>6.18</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	143.9			<b>0.64</b>	111.5			<b>0.64</b>	125.0		
0.050		<b>1.27</b>	249.8			<b>1.27</b>	229.3			<b>1.27</b>	111.4		
0.075		<b>1.91</b>	504.6			<b>1.91</b>	282.8			<b>1.91</b>	148.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	1073.8	1073.8 0	107.4	<b>2.54</b>	403.4	403.40	40.3	<b>2.54</b>	228.1	228.10	22.8
0.125		<b>3.18</b>	1274.3			<b>3.18</b>	547.0			<b>3.18</b>	288.9		
0.150		<b>3.81</b>	1409.1			<b>3.81</b>	624.3			<b>3.81</b>	300.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1677.7	1677.7 0	111.8	<b>5.08</b>	757.3	757.30	50.5	<b>5.08</b>	416.8	416.80	27.8
0.300		<b>7.62</b>	1903.2			<b>7.62</b>	1033.2			<b>7.62</b>	541.4		
0.400		<b>10.16</b>	2049.9			<b>10.16</b>	1265.3			<b>10.16</b>	740.8		
0.500		<b>13</b>	2466.6			<b>13</b>	1502.1			<b>13</b>	824.9		

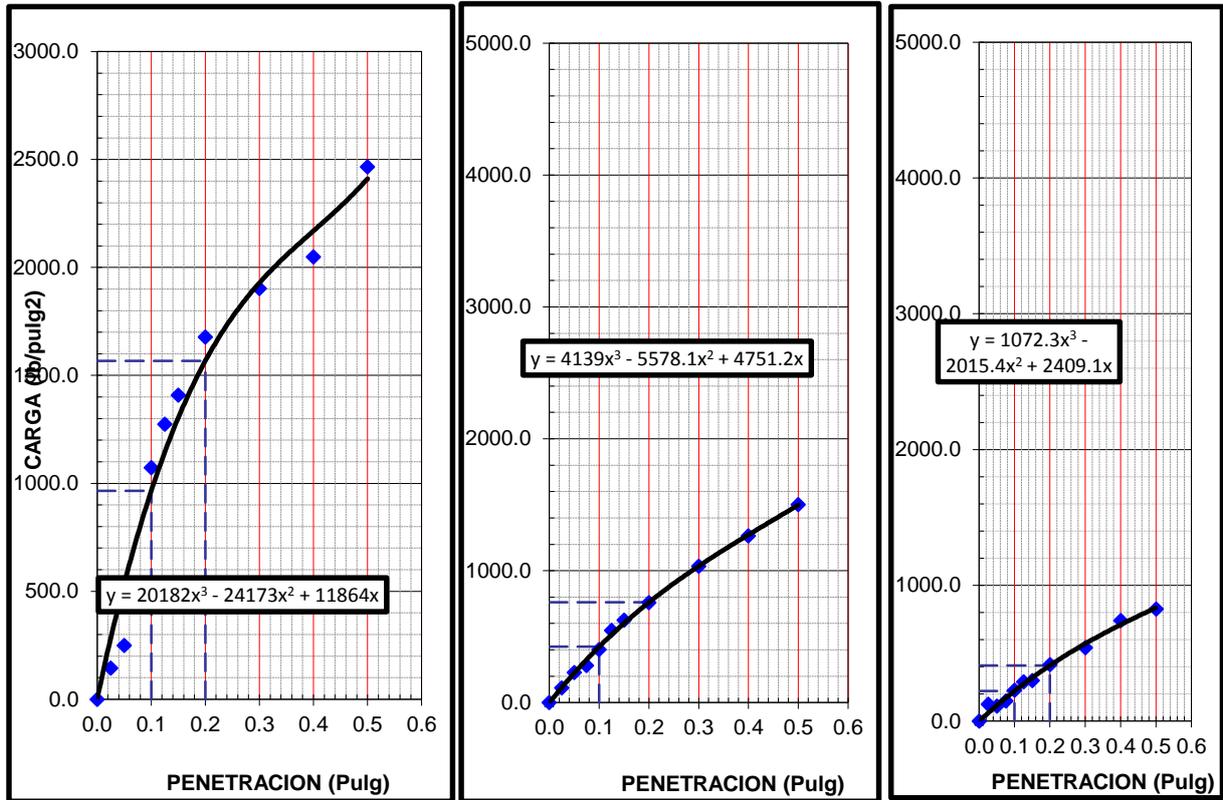


Figura 66: Carga vs penetración 56 golpes tercer ensayo – 2.5%

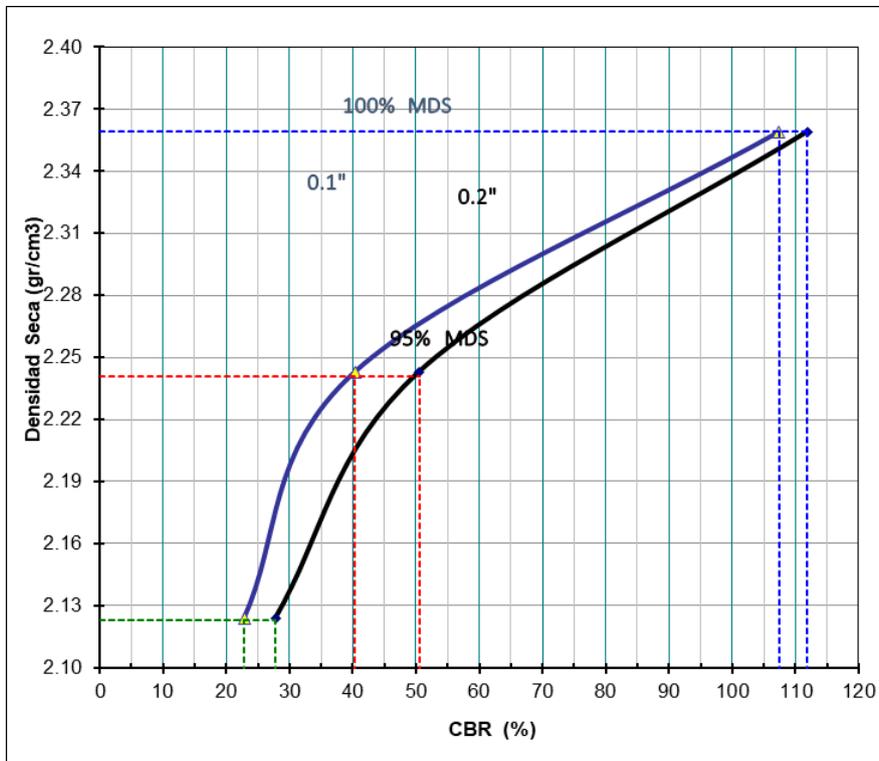


Figura 67: Densidad vs CBR tercer ensayo – 2.5%

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 91: Tabla de expansión – 2.5%**

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0									
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>								
		48									
		72									
		96									
		96									

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 92: Resultados CBR Primer ensayo – 2.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	106.3	0.2":	118.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	42.2	0.2":	54.9

**Tabla 93: Resultados CBR segundo ensayo – 2.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	103.3	0.2":	118.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	50.8	0.2":	61.1

**Tabla 94: Resultados CBR tercer ensayo – 2.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	109.1	0.2":	113.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	40.9	0.2":	51.0

#### 4.8. Análisis De Adición De 3.0% De Caucho Reciclado

##### 4.8.1. Proctor Modificado

**Tabla 95: Proctor Modificado 3 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11185	11565	11683	11462
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4695	5075	5193	4972
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085

Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.252	2.434	2.491	2.385
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>215.8</b>	<b>245.2</b>	<b>226.1</b>	<b>289.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>214.1</b>	<b>237.0</b>	<b>216.0</b>	<b>272.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	1.7	8.2	10.1	17.3
Peso del suelo seco	gr.	157.8	185.6	157.9	222.9
Contenido de agua	%	1.1	4.4	6.4	7.8
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.228</b>	<b>2.331</b>	<b>2.341</b>	<b>2.213</b>

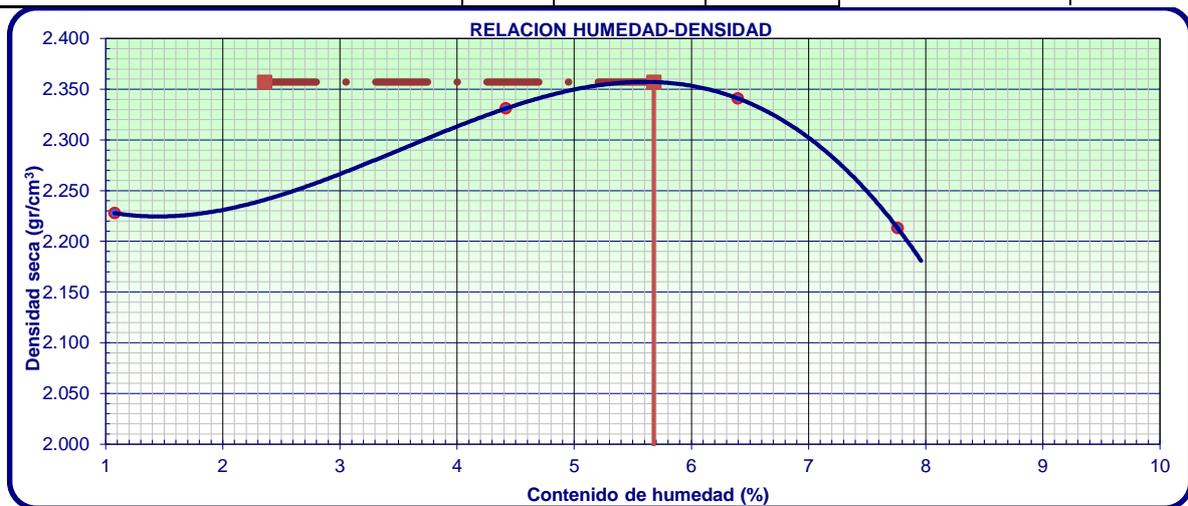
**Tabla 96: Proctor Modificado 3 % segundo ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11175</b>	<b>11526</b>	<b>11618</b>	<b>11468</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4685	5036	5128	4978
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.247	2.415	2.459	2.388
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>345.2</b>	<b>387.9</b>	<b>314.3</b>	<b>397.1</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>341.8</b>	<b>374.1</b>	<b>297.9</b>	<b>372.8</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	3.4	13.8	16.4	24.3
Peso del suelo seco	gr.	285.5	322.7	239.8	323.7
Contenido de agua	%	1.2	4.3	6.8	7.5
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.221</b>	<b>2.316</b>	<b>2.302</b>	<b>2.221</b>

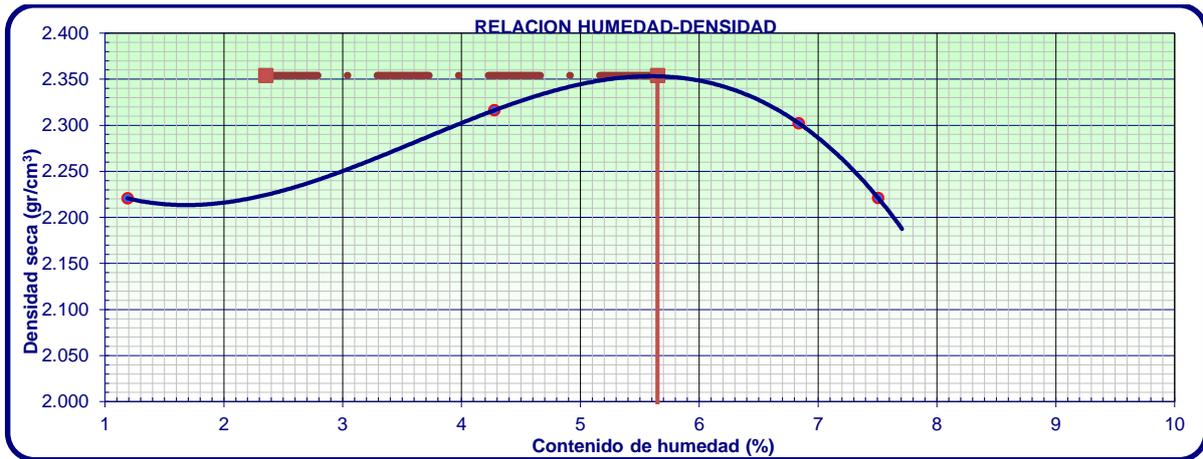
**Tabla 97: Proctor Modificado 3 % tercer ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>

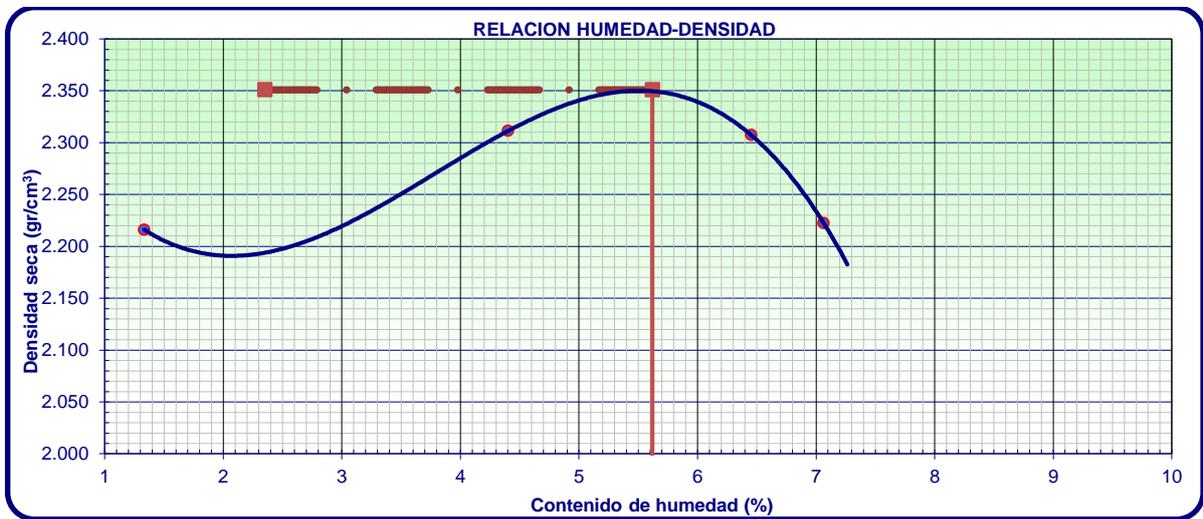
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11172</b>	<b>11521</b>	<b>11611</b>	<b>11451</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4682	5031	5121	4961
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.246	2.413	2.456	2.379
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>215.9</b>	<b>248.3</b>	<b>241.2</b>	<b>214.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>213.8</b>	<b>240.0</b>	<b>230.1</b>	<b>203.4</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	2.1	8.3	11.1	10.9
Peso del suelo seco	gr.	157.5	188.6	172.0	154.3
Contenido de agua	%	1.3	4.4	6.5	7.1
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.216</b>	<b>2.311</b>	<b>2.307</b>	<b>2.222</b>



**Figura 68: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 3%**



**Figura 69: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 3%**



**Figura 70: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 3%**

**Tabla 98: resultados primer ensayo – 3%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.357</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.680</b>

**Tabla 99: resultados segundo ensayo – 3%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.354</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.650</b>

**Tabla 100: resultados tercer ensayo - 3%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.351</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.620</b>

#### 4.8.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 3% Caucho

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 3% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 97.1 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual no cumple con la especificación del MTC, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 101: CBR primer ensayo – 3%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13095</b>	<b>12761</b>	<b>12693</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5261	5012	4762									
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.490	2.372	2.247									
Humedad	(%)	6.480	6.120	5.950									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.338</b>	<b>2.235</b>	<b>2.121</b>									
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>238.30</b>	<b>245.10</b>	<b>287.60</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>227.00</b>	<b>234.20</b>	<b>274.30</b>									
Peso del Agua	(g)	11.30	10.90	13.30									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	174.40	178.00	223.70									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.48</b>	<b>6.12</b>	<b>5.95</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	131.5			<b>0.64</b>	69.8			<b>0.64</b>	47.8		
0.050		<b>1.27</b>	356.3			<b>1.27</b>	99.2			<b>1.27</b>	82.3		
0.075		<b>1.91</b>	579.7			<b>1.91</b>	218.9			<b>1.91</b>	147.7		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	862.5	862.50	86.2	<b>2.54</b>	357.8	357.78	35.8	<b>2.54</b>	202.0	202.03	20.2
0.125		<b>3.18</b>	1037.3			<b>3.18</b>	421.7			<b>3.18</b>	227.7		
0.150		<b>3.81</b>	1282.0			<b>3.81</b>	480.5			<b>3.81</b>	290.2		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1523.3	1523.30	101.6	<b>5.08</b>	668.5	668.55	44.6	<b>5.08</b>	365.9	365.86	24.4
0.300		<b>7.62</b>	1841.9			<b>7.62</b>	924.2			<b>7.62</b>	515.7		
0.400		<b>10.16</b>	1998.2			<b>10.16</b>	1099.9			<b>10.16</b>	628.9		
0.500		<b>13</b>	2348.7			<b>13</b>	1412.8			<b>13</b>	692.1		

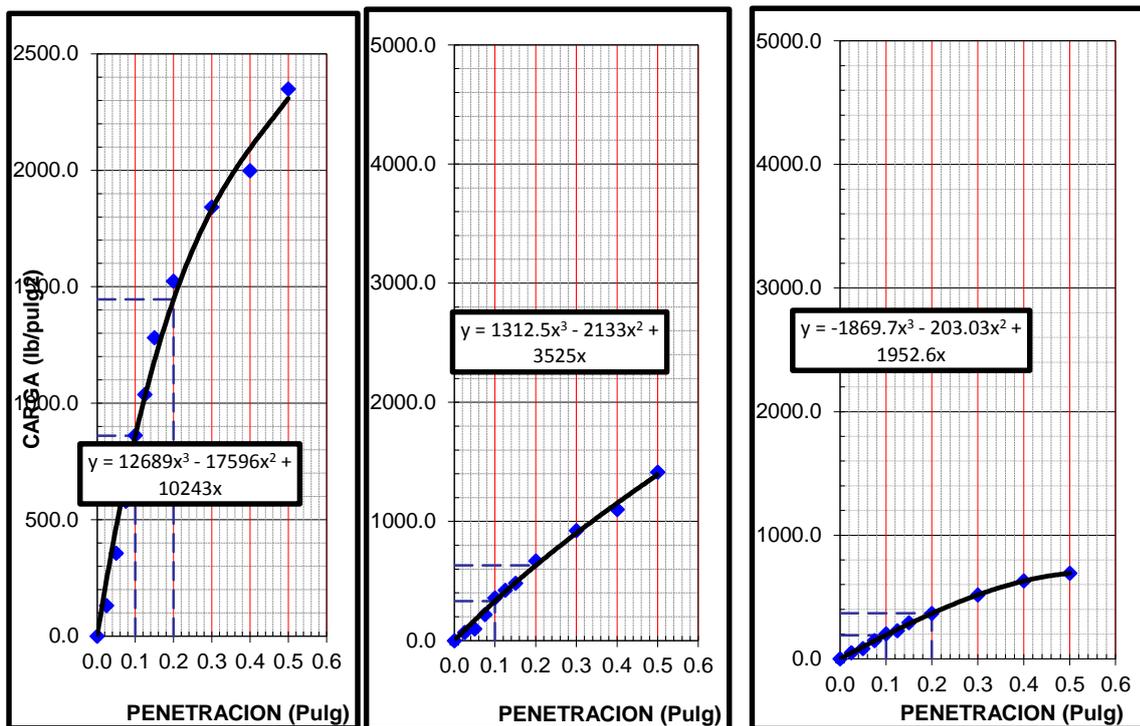


Figura 71: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 3%

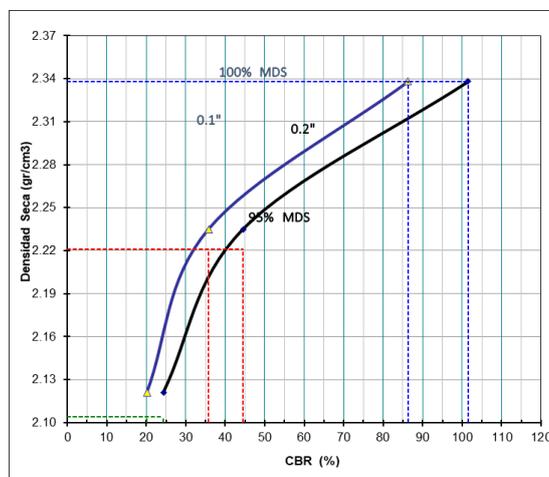


Figura 72: Densidad vs CBR primer ensayo – 3%

**Tabla 102: CBR segundo ensayo – 3%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13074</b>	<b>12769</b>	<b>12684</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5240	5020	4753									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.480	2.376	2.243									
Humedad	(%)	6.170	6.330	6.440									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.336</b>	<b>2.235</b>	<b>2.107</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>241.90</b>	<b>287.90</b>	<b>214.20</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>230.90</b>	<b>274.10</b>	<b>204.30</b>									
Peso del Agua	(g)	11.00	13.80	9.90									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	178.30	217.90	153.70									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.17</b>	<b>6.33</b>	<b>6.44</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	163.1			<b>0.64</b>	116.3			<b>0.64</b>	92.9		
0.050		<b>1.27</b>	405.3			<b>1.27</b>	139.2			<b>1.27</b>	143.3		
0.075		<b>1.91</b>	621.2			<b>1.91</b>	236.9			<b>1.91</b>	185.7		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	894.5	894.50	89.4	<b>2.54</b>	423.6	423.60	42.4	<b>2.54</b>	239.2	239.20	23.9
0.125		<b>3.18</b>	1083.3			<b>3.18</b>	483.7			<b>3.18</b>	245.7		
0.150		<b>3.81</b>	1334.0			<b>3.81</b>	493.5			<b>3.81</b>	307.2		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1557.4	1557.40	103.8	<b>5.08</b>	719.7	719.70	48.0	<b>5.08</b>	414.3	414.30	27.6
0.300		<b>7.62</b>	1841.9			<b>7.62</b>	957.2			<b>7.62</b>	554.7		
0.400		<b>10.16</b>	2063.2			<b>10.16</b>	1112.9			<b>10.16</b>	662.9		
0.500		<b>13</b>	2397.5			<b>13</b>	1422.1			<b>13</b>	713.4		

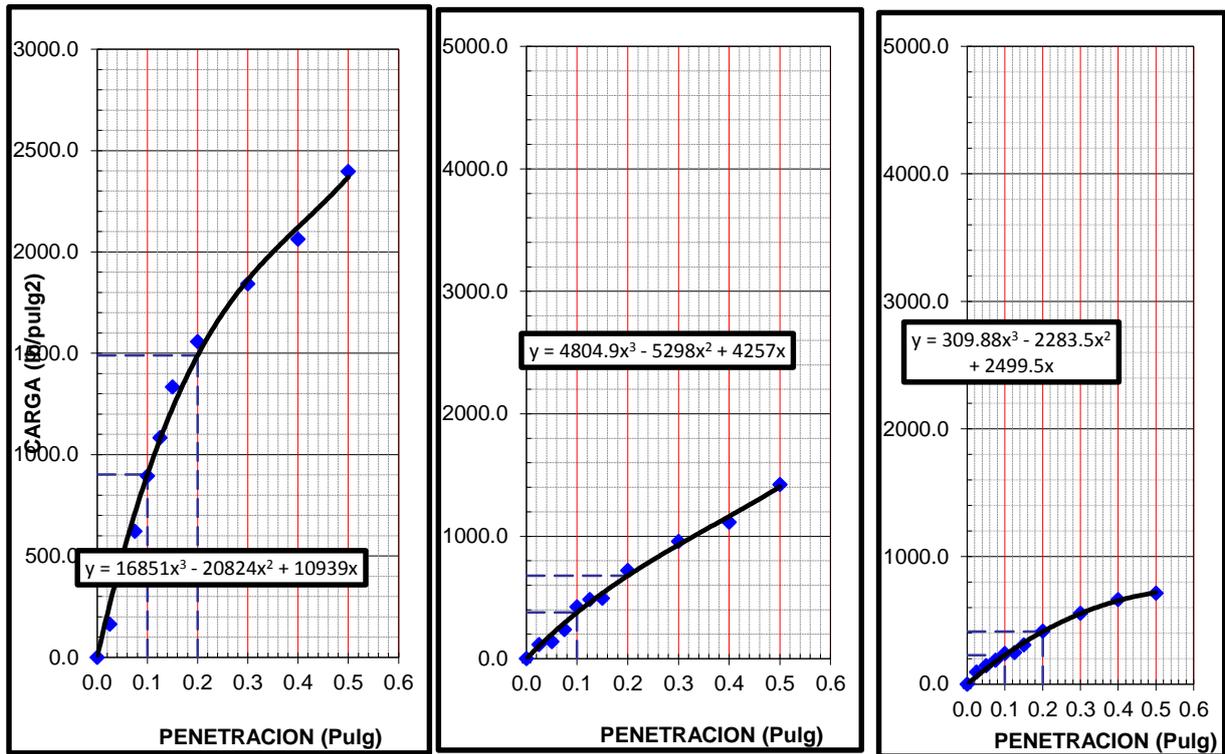


Figura 73: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 3%

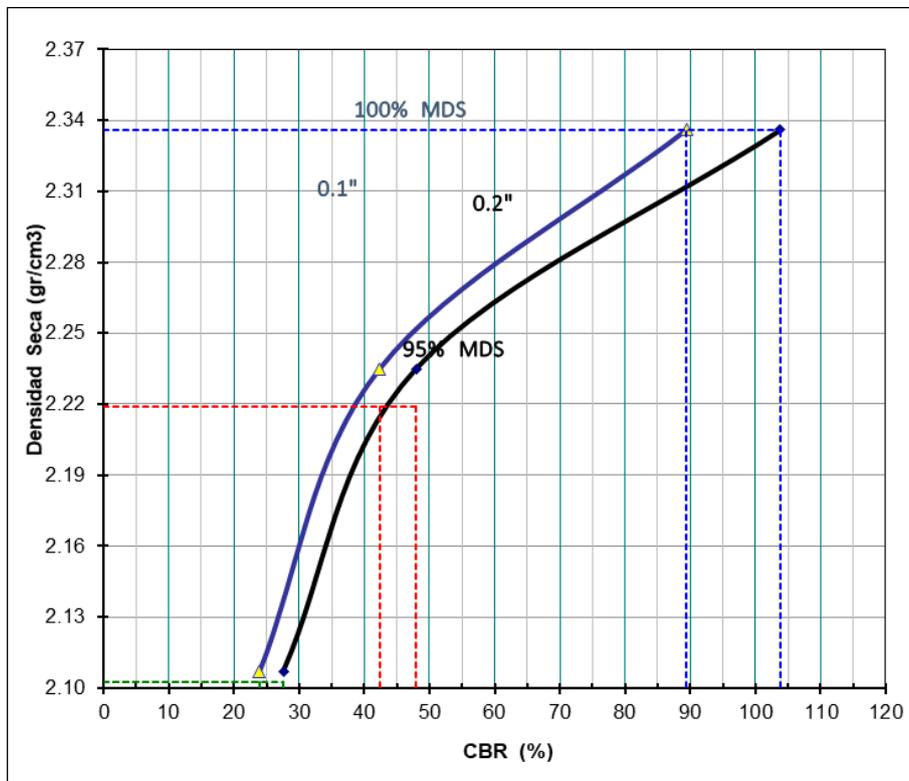


Figura 74: Densidad vs CBR segundo ensayo – 3%

**Tabla 103: CBR Tercer ensayo – 3%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13054</b>	<b>12741</b>	<b>12698</b>									
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>									
Peso del suelo húmedo	(g)	5220	4992	4767									
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>									
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.470	2.363	2.250									
Humedad	(%)	5.730	5.520	6.070									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.336</b>	<b>2.239</b>	<b>2.121</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>351.60</b>	<b>312.20</b>	<b>378.90</b>									
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>335.40</b>	<b>298.80</b>	<b>360.10</b>									
Peso del Agua	(g)	16.20	13.40	18.80									
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>									
Peso del suelo seco	(g)	282.80	242.60	309.50									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.73</b>	<b>5.52</b>	<b>6.07</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	199.9			<b>0.64</b>	123.5			<b>0.64</b>	48.1		
0.050		<b>1.27</b>	389.3			<b>1.27</b>	157.2			<b>1.27</b>	138.3		
0.075		<b>1.91</b>	646.7			<b>1.91</b>	271.9			<b>1.91</b>	202.7		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	905.8	905.80	90.6	<b>2.54</b>	424.4	424.40	42.4	<b>2.54</b>	214.9	214.90	21.5
0.125		<b>3.18</b>	1072.3			<b>3.18</b>	436.7			<b>3.18</b>	286.7		
0.150		<b>3.81</b>	1323.0			<b>3.81</b>	504.5			<b>3.81</b>	313.2		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1551.7	1551.70	103.4	<b>5.08</b>	709.3	709.30	47.3	<b>5.08</b>	387.8	387.80	25.9
0.300		<b>7.62</b>	1879.9			<b>7.62</b>	987.2			<b>7.62</b>	520.7		
0.400		<b>10.16</b>	2034.6			<b>10.16</b>	1103.9			<b>10.16</b>	673.9		
0.500		<b>13</b>	2373.7			<b>13</b>	1414.2			<b>13</b>	758.4		

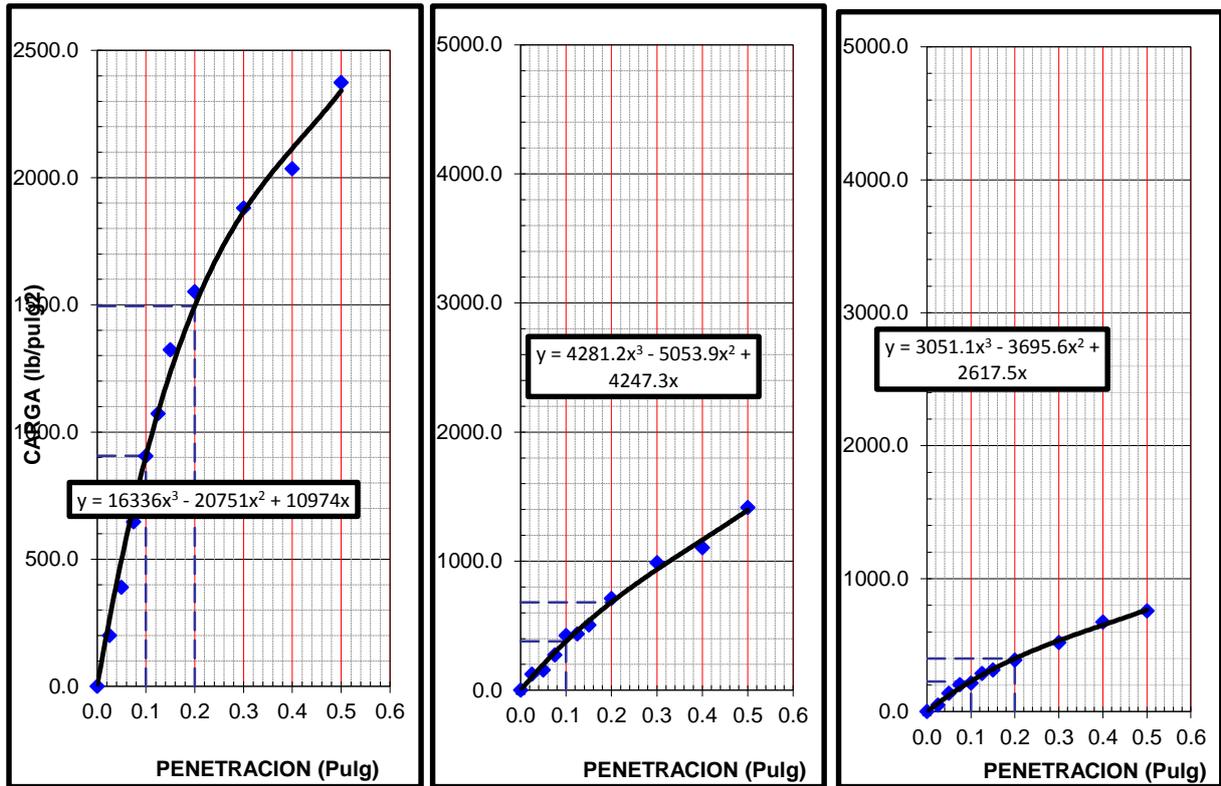


Figura 75: Carga vs penetración 56 golpes tercer ensayo – 3%

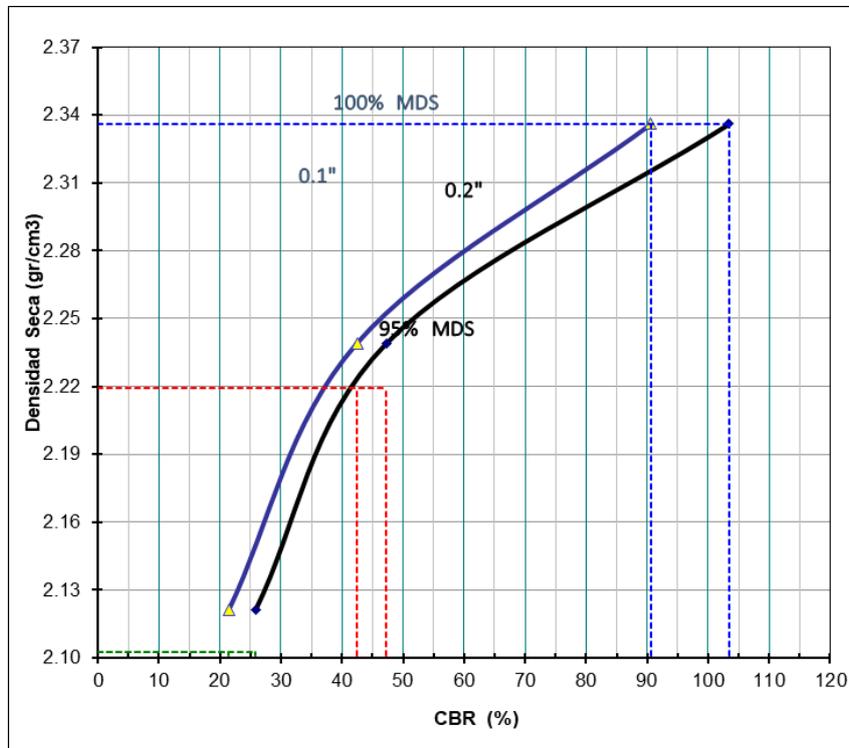


Figura 76: Densidad vs CBR tercer ensayo – 3%

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 104: Tabla de expansión – 3%**

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0									
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>								
		48									
		72									
		96									
		96									

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 105: Resultados CBR Primer ensayo – 3%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	95.6	0.2":	112.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	37.8	0.2":	46.9

**Tabla 106: Resultados CBR segundo ensayo – 3%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	97.8	0.2":	113.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	43.0	0.2":	48.7

**Tabla 107: Resultados CBR tercer ensayo – 3%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	98.0	0.2":	112.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.5	0.2":	46.3

#### 4.9. Análisis De Adición De 3.5% De Caucho Reciclado

##### 4.9.1. Proctor Modificado

**Tabla 108: Proctor Modificado 3.5 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11172	11545	11650	11431
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4682	5055	5160	4941

Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.246	2.424	2.475	2.370
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>315.6</b>	<b>378.3</b>	<b>314.2</b>	<b>328.2</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>310.0</b>	<b>365.0</b>	<b>296.9</b>	<b>305.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	5.6	13.3	17.3	23.2
Peso del suelo seco	gr.	253.7	313.6	238.8	255.9
Contenido de agua	%	2.2	4.2	7.2	9.1
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.197</b>	<b>2.326</b>	<b>2.308</b>	<b>2.173</b>

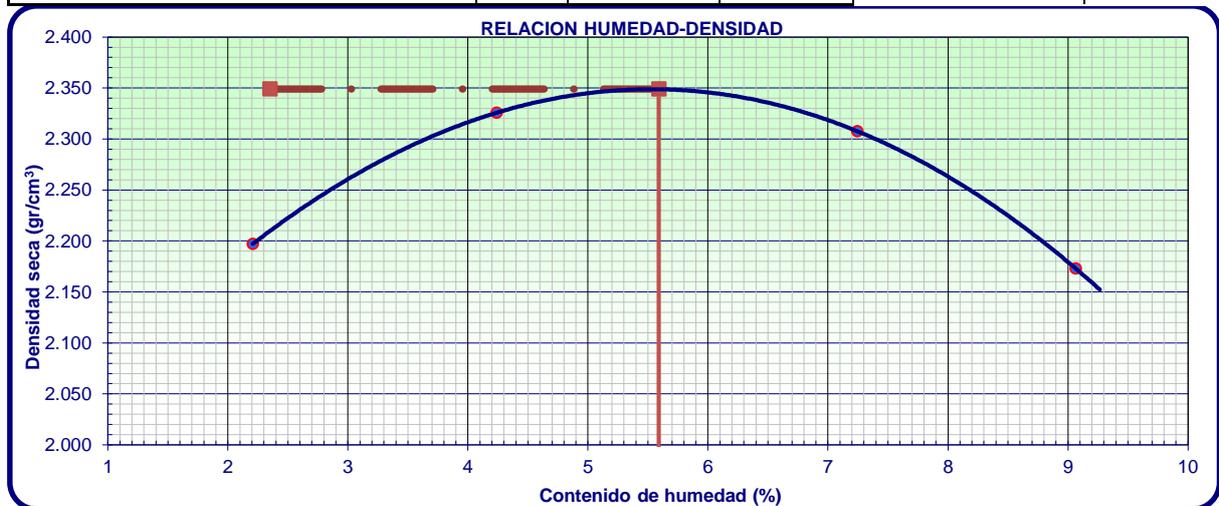
**Tabla 109: Proctor Modificado 3.5 % segundo ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11164</b>	<b>11535</b>	<b>11647</b>	<b>11474</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4674	5045	5157	4984
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.242	2.420	2.473	2.390
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>248.3</b>	<b>212.4</b>	<b>265.9</b>	<b>247.1</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>243.5</b>	<b>205.8</b>	<b>251.8</b>	<b>230.7</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.8	6.6	14.1	16.4
Peso del suelo seco	gr.	187.2	154.4	193.7	181.6
Contenido de agua	%	2.6	4.3	7.3	9.0
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.186</b>	<b>2.320</b>	<b>2.306</b>	<b>2.192</b>

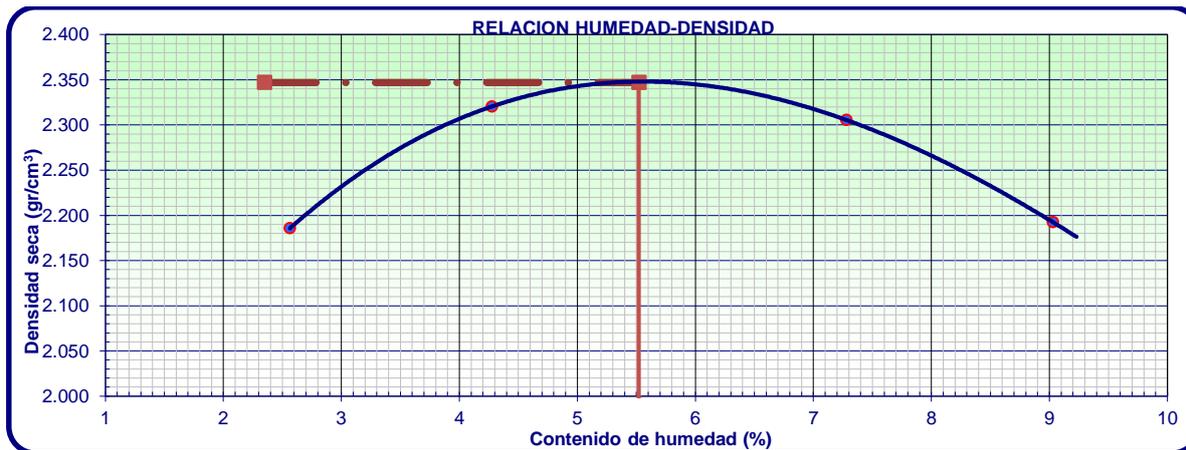
**Tabla 110: Proctor Modificado 3.5 % tercer ensayo**

Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>

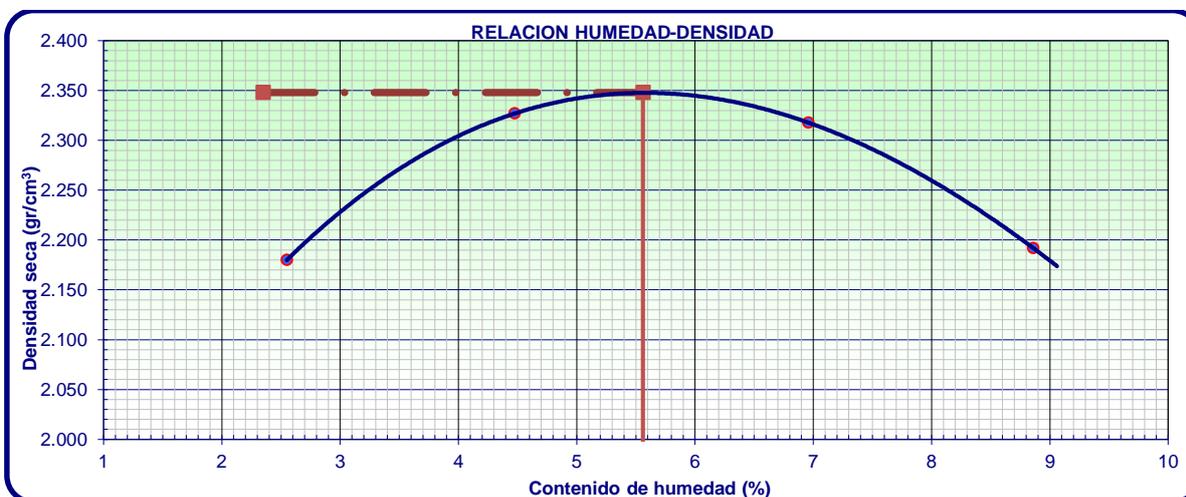
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11151</b>	<b>11559</b>	<b>11659</b>	<b>11465</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4661	5069	5169	4975
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.235	2.431	2.479	2.386
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>281.6</b>	<b>245.1</b>	<b>293.3</b>	<b>267.8</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>276.0</b>	<b>236.8</b>	<b>278.0</b>	<b>250.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	5.6	8.3	15.3	17.8
Peso del suelo seco	gr.	219.7	185.4	219.9	200.9
Contenido de agua	%	2.5	4.5	7.0	8.9
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.180</b>	<b>2.327</b>	<b>2.318</b>	<b>2.192</b>



**Figura 77: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 3.5%**



**Figura 78: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 3.5%**



**Figura 79: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 3.5%**

**Tabla 111: resultados primer ensayo – 3.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.349</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.590</b>

**Tabla 112: resultados segundo ensayo – 3.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.347</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.520</b>

**Tabla 113: resultados tercer ensayo - 3.5%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.348</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.560</b>

#### 4.9.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 3.5%

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 3.5% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 91.4 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual no cumple con la especificación del MTC, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 114: CBR primer ensayo – 3.5%**

Molde N°		1	2	3									
N° Capa		5	5	5									
Golpes por capa N°		56	25	12									
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO									
Peso molde + suelo húmedo	(g)	12992	12752	12641									
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931									
Peso del suelo húmedo	(g)	5158	5003	4710									
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	2113	2113	2119									
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.441	2.368	2.223									
Humedad	(%)	5.600	5.670	5.590									
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.312</b>	<b>2.241</b>	<b>2.105</b>									
Tarro N°		1	2	3									
Tarro + Suelo húmedo	(g)	258.30	214.60	245.10									
Tarro + Suelo seco	(g)	247.40	206.10	234.80									
Peso del Agua	(g)	10.90	8.50	10.30									
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60									
Peso del suelo seco	(g)	194.80	149.90	184.20									
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.60</b>	<b>5.67</b>	<b>5.59</b>									
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	71.5			0.64	38.8			0.64	37.8		
0.050		1.27	282.3			1.27	65.3			1.27	63.3		
0.075		1.91	544.7			1.91	186.9			1.91	99.8		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	712.9	712.90	71.3	<b>2.54</b>	333.8	333.78	33.4	<b>2.54</b>	150.0	150.03	15.0
0.125		<b>3.18</b>	1025.3			<b>3.18</b>	332.7			<b>3.18</b>	212.7		
0.150		<b>3.81</b>	1232.0			<b>3.81</b>	409.5			<b>3.81</b>	253.2		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1502.3	1502.30	100.2	<b>5.08</b>	579.5	579.55	38.6	<b>5.08</b>	319.9	319.86	21.3
0.300		<b>7.62</b>	1808.9			<b>7.62</b>	862.2			<b>7.62</b>	479.7		
0.400		<b>10.16</b>	1952.2			<b>10.16</b>	1078.9			<b>10.16</b>	563.9		
0.500		<b>13</b>	2269.7			<b>13</b>	1362.8			<b>13</b>	647.1		

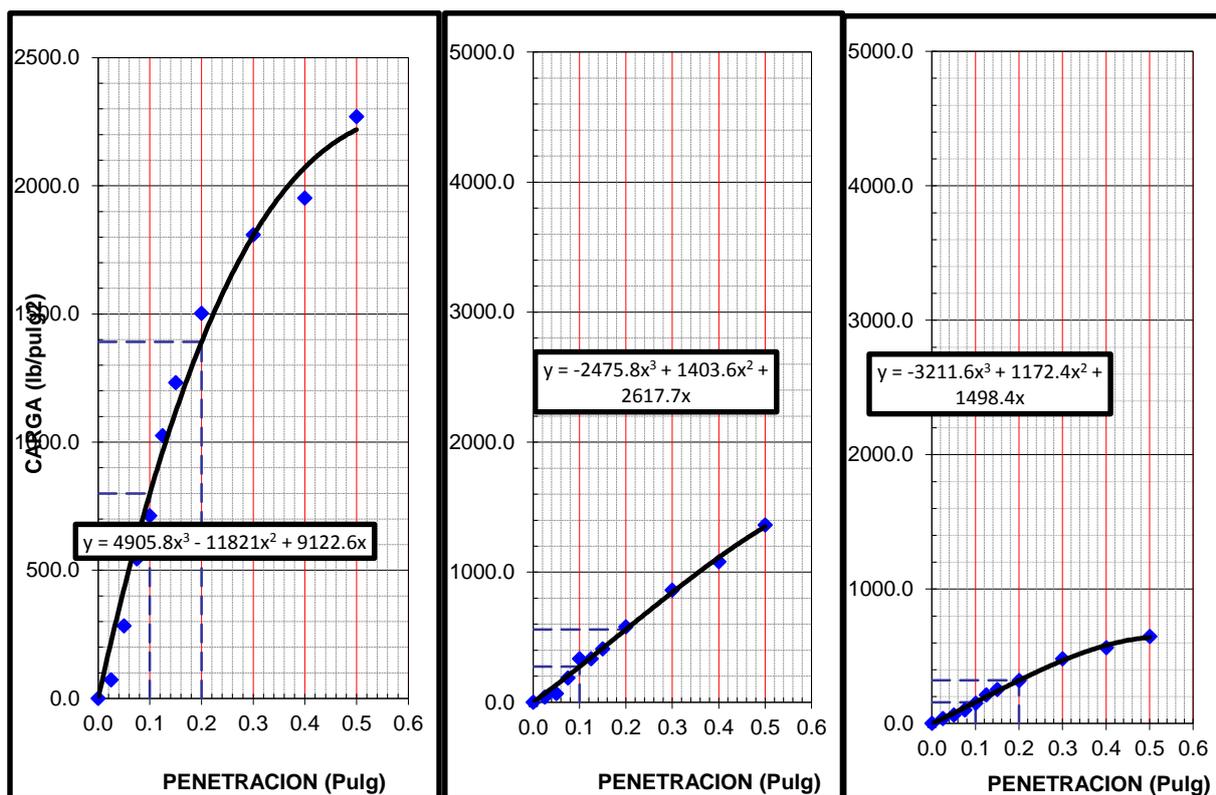


Figura 80: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 3.5%

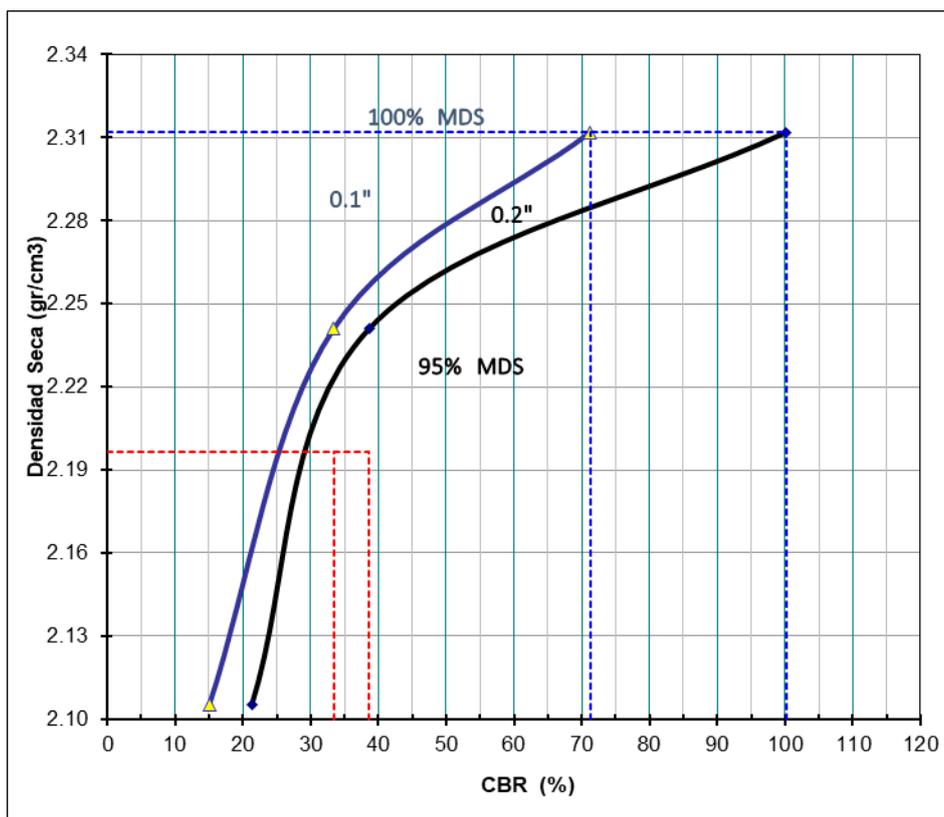


Figura 81: Densidad vs CBR primer ensayo – 3.5%

Tabla 115: CBR segundo ensayo – 3.5%

Molde N°		1	2	3
N° Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(g)	12984	12758	12645
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931
Peso del suelo húmedo	(g)	5150	5009	4714
Volumen del molde	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.437	2.371	2.225
Humedad	(%)	5.560	5.740	5.750
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.309</b>	<b>2.242</b>	<b>2.104</b>
Tarro N°		1	2	3
Tarro + Suelo húmedo	(g)	348.90	312.10	380.00
Tarro + Suelo seco	(g)	333.30	298.20	362.10
Peso del Agua	(g)	15.60	13.90	17.90
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo seco	(g)	280.70	242.00	311.50
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.56</b>	<b>5.74</b>	<b>5.75</b>
<b>PENETRACION</b>				

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	97.1			0.64	55.5			0.64	64.9		
0.050		1.27	322.3			1.27	65.3			1.27	108.3		
0.075		1.91	579.7			1.91	211.9			1.91	105.8		
0.100	1000.0	2.54	705.2	705.20	70.5	2.54	338.6	338.60	33.9	2.54	169.1	169.10	16.9
0.125		3.18	1030.3			3.18	359.7			3.18	229.7		
0.150		3.81	1276.0			3.81	423.5			3.81	305.2		
0.200	1500.0	5.08	1530.9	1530.90	102.1	5.08	582.7	582.70	38.8	5.08	370.8	370.80	24.7
0.300		7.62	1833.9			7.62	895.2			7.62	491.7		
0.400		10.16	1997.2			10.16	1114.9			10.16	606.8		
0.500		13	2277.4			13	1416.1			13	698.0		

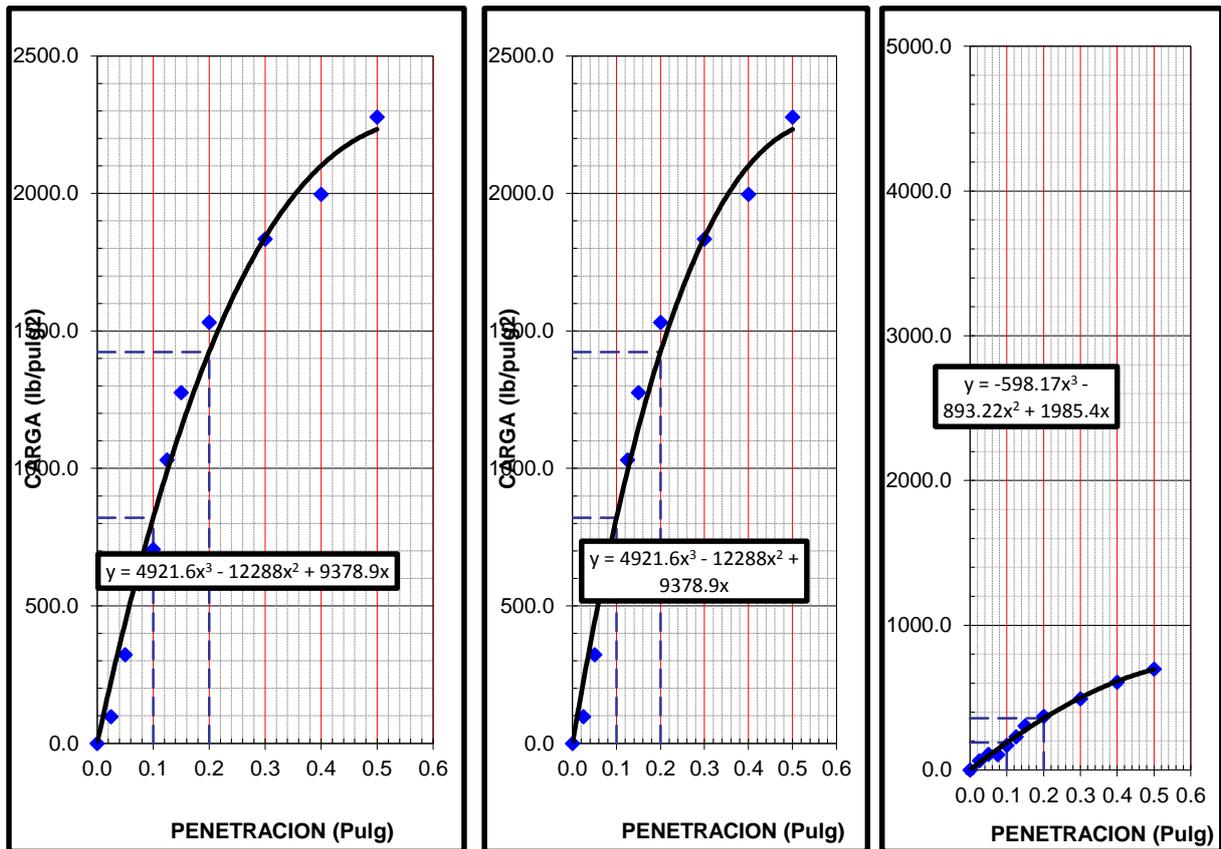
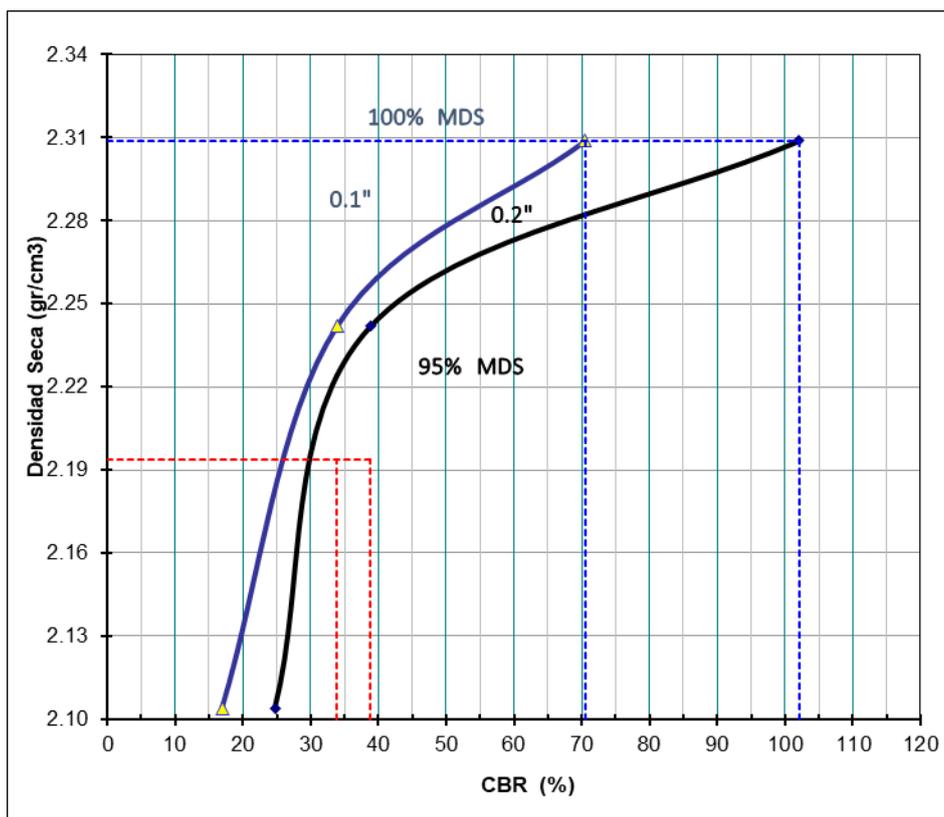


Figura 82: Carga vs penetración 56 golpes segundo ensayo – 3.5%



**Figura 83: Densidad vs CBR segundo ensayo – 3.5%**

**Tabla 116: CBR Tercer ensayo – 3.5%**

Molde N°		1	2	3
N° Capa		5	5	5
Golpes por capa N°		56	25	12
Cond. de la muestra		NO SATURADO	NO SATURADO	NO SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(g)	12991	12772	12675
Peso de molde	(g)	7834	7749	7931
Peso del suelo húmedo	(g)	5157	5023	4744
Volumen del molde	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.441	2.377	2.239
Humedad	(%)	5.520	6.000	5.670
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.313</b>	<b>2.242</b>	<b>2.119</b>
Tarro N°		1	2	3
Tarro + Suelo húmedo	(g)	369.90	323.10	354.50
Tarro + Suelo seco	(g)	353.30	308.00	338.20
Peso del Agua	(g)	16.60	15.10	16.30
Peso del tarro	(g)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo seco	(g)	300.70	251.80	287.60
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.52</b>	<b>6.00</b>	<b>5.67</b>
<b>PENETRACION</b>				

PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	119.9			0.64	46.5			0.64	91.1		
0.050		1.27	334.3			1.27	72.3			1.27	97.3		
0.075		1.91	578.7			1.91	238.9			1.91	105.8		
0.100	1000.0	2.54	731.8	731.80	73.2	2.54	350.4	350.40	35.0	2.54	181.2	181.20	18.1
0.125		3.18	1030.3			3.18	334.7			3.18	229.7		
0.150		3.81	1282.0			3.81	457.5			3.81	253.2		
0.200	1500.0	5.08	1550.3	1550.30	103.4	5.08	605.5	605.55	40.4	5.08	365.9	365.86	24.4
0.300		7.62	1850.7			7.62	876.3			7.62	488.3		
0.400		10.16	1972.2			10.16	1120.9			10.16	610.9		
0.500		13	2309.6			13	1375.2			13	650.4		

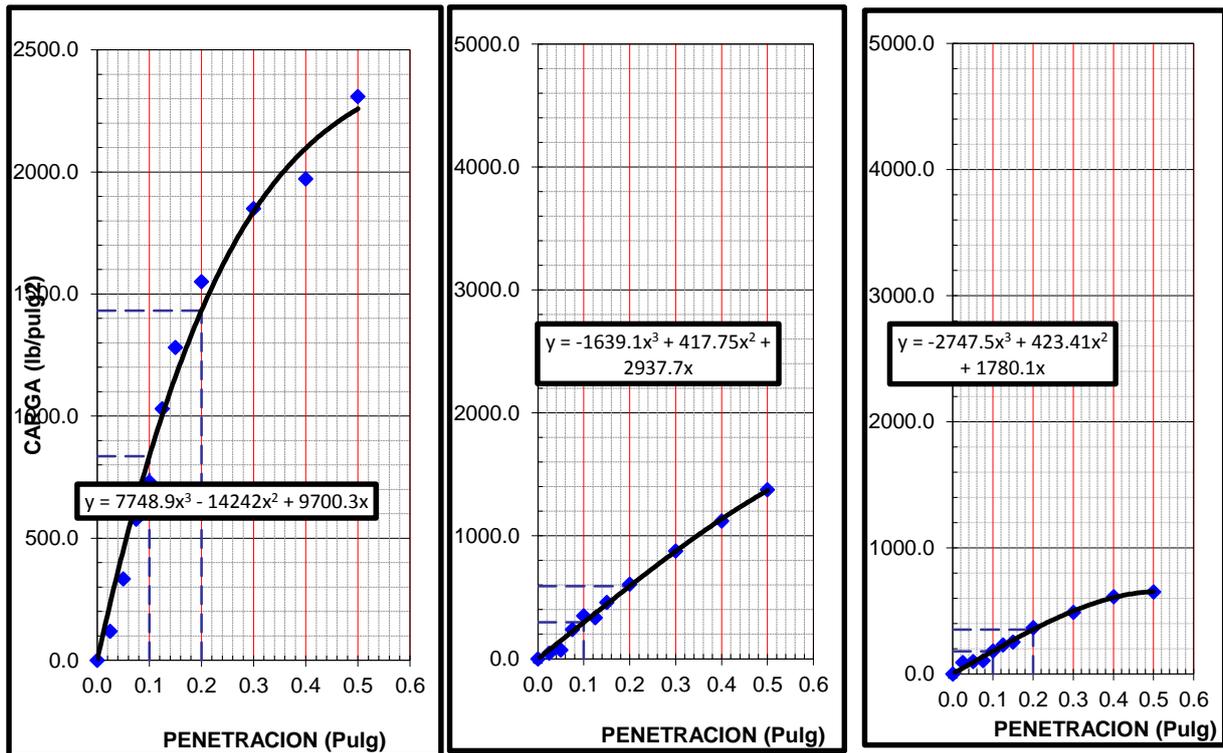
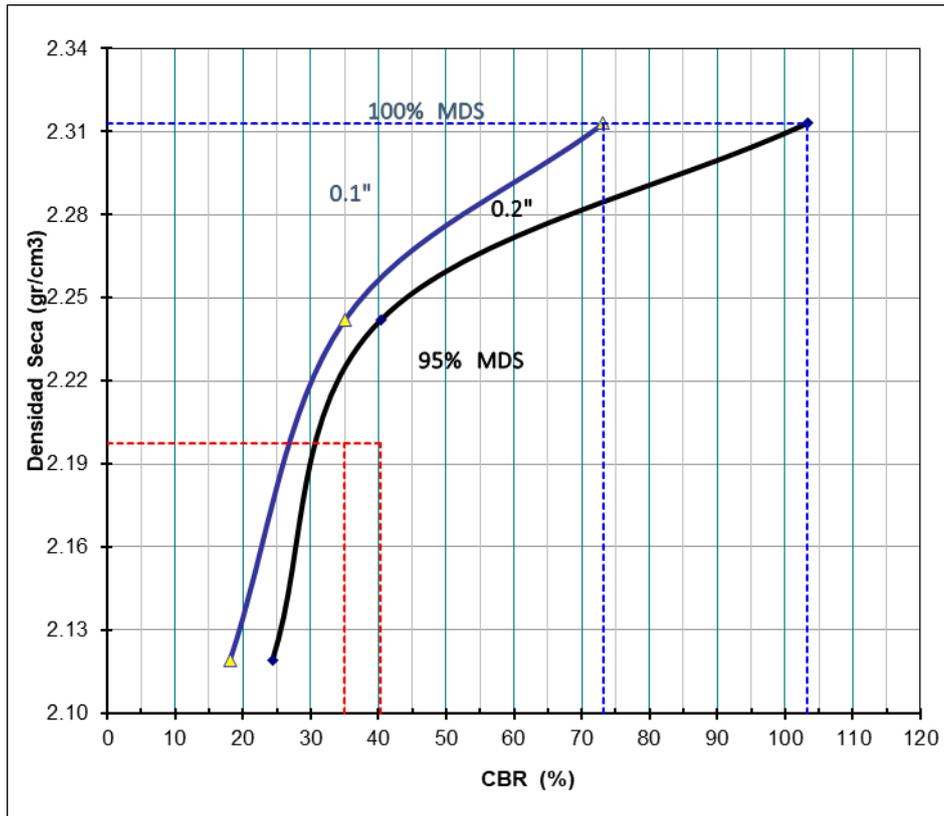


Figura 84: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 3.5%



**Figura 85: Densidad vs CBR tercer ensayo – 3.5%**

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 117: Tabla de expansión – 3.5%**

EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
		0											
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>										
		48											
		72											
		96											
		96											

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 118: Resultados CBR Primer ensayo – 3.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	91.0	0.2":	132.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.1	0.2":	37.4

**Tabla 119: Resultados CBR segundo ensayo – 3.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	91.3	0.2":	137.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	32.3	0.2":	37.6

**Tabla 120: Resultados CBR tercer ensayo – 3.5%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	92.0	0.2":	134.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	33.5	0.2":	38.9

#### 4.10. Análisis De Adición De 4.0% De Caucho Reciclado

##### 4.10.1. Proctor Modificado

**Tabla 121: Proctor Modificado 4 % primer ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11285	11609	11591	11433
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4795	5119	5101	4943
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.300	2.455	2.447	2.371
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	258.3	274.3	298.3	291.5
Peso del suelo seco + tara	gr.	251.8	263.9	282.1	271.0
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1
Peso de agua	gr.	6.5	10.4	16.2	20.5
Peso del suelo seco	gr.	195.5	212.5	224.0	221.9
Contenido de agua	%	3.3	4.9	7.2	9.2
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.226	2.341	2.282	2.170

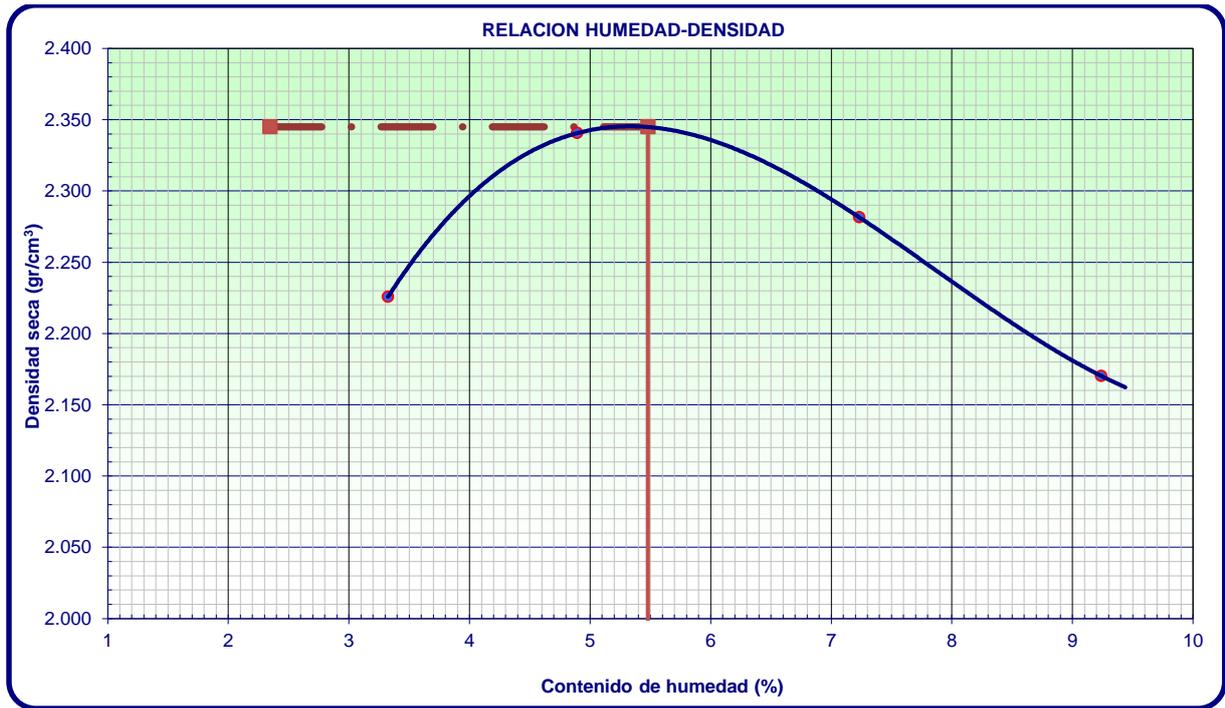
**Tabla 122: Proctor Modificado 4 % segundo ensayo**

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56

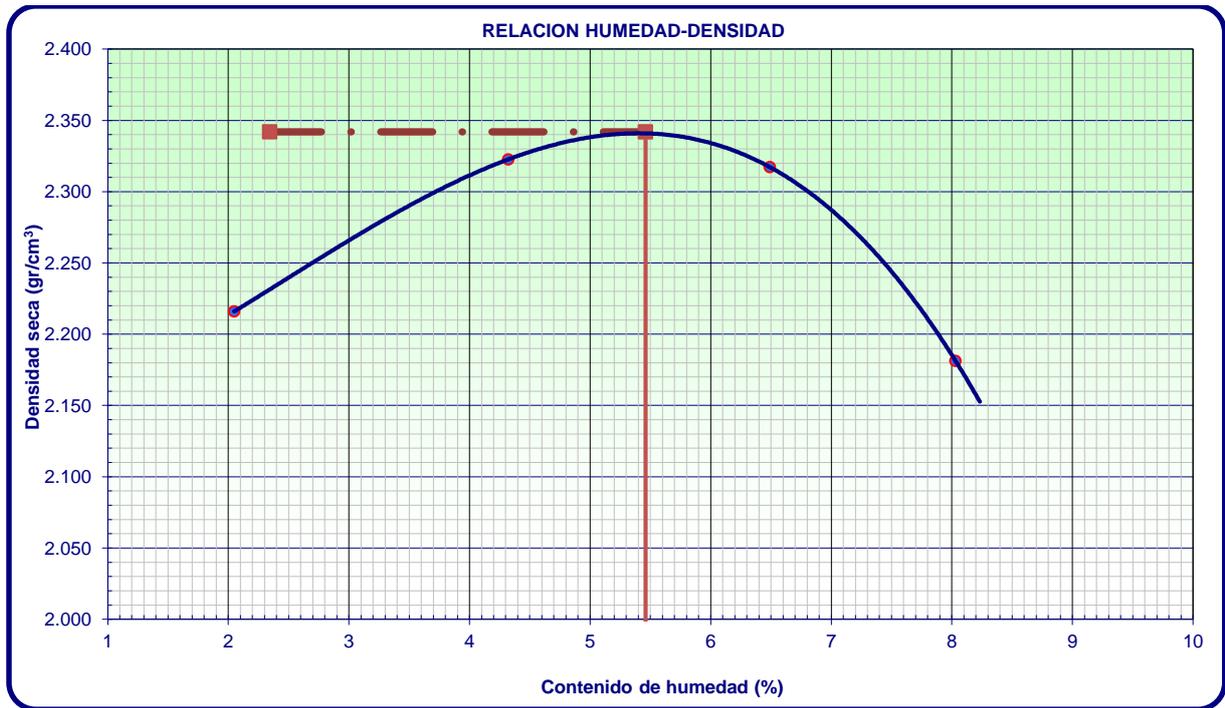
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11205</b>	<b>11542</b>	<b>11635</b>	<b>11403</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4715	5052	5145	4913
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.261	2.423	2.468	2.356
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>315.2</b>	<b>396.6</b>	<b>348.5</b>	<b>367.9</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>310.0</b>	<b>382.3</b>	<b>330.8</b>	<b>344.2</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	5.2	14.3	17.7	23.7
Peso del suelo seco	gr.	253.7	330.9	272.7	295.1
Contenido de agua	%	2.0	4.3	6.5	8.0
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.216</b>	<b>2.323</b>	<b>2.317</b>	<b>2.181</b>

**Tabla 123: Proctor Modificado 4 % tercer ensayo**

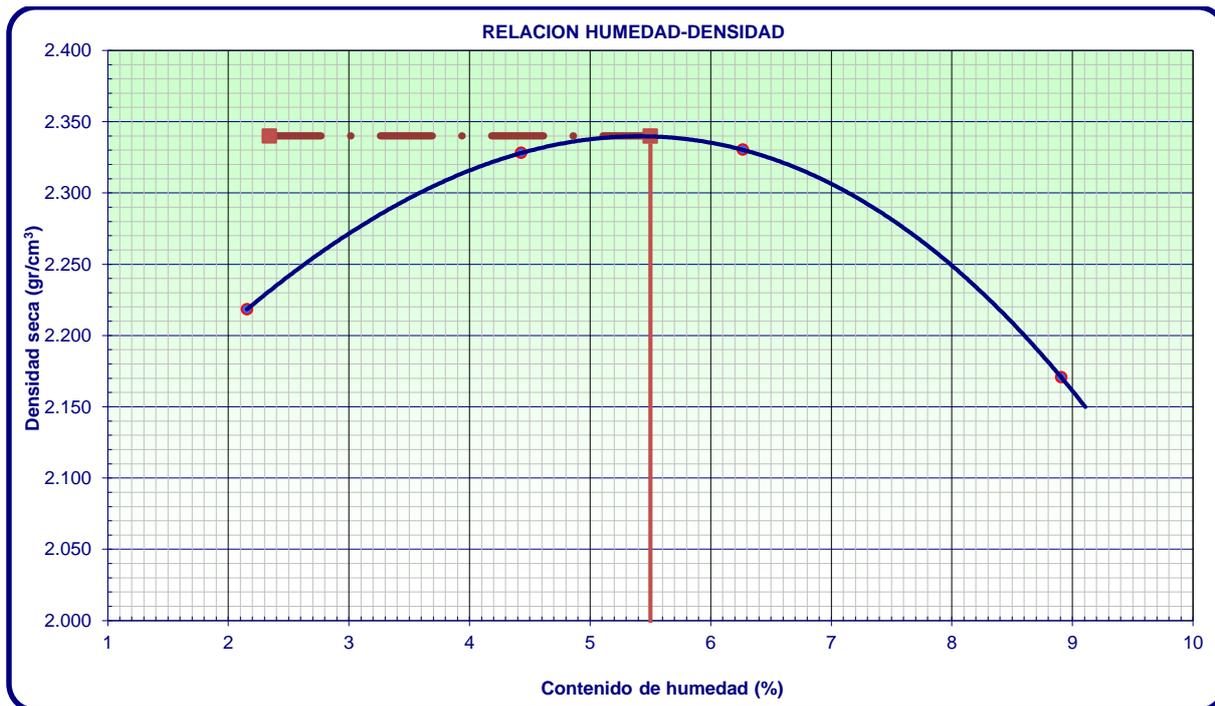
Ensayo N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
Número de Capas		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes de Pisón por Capa		<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>	<b>56</b>
Peso suelo húmedo + molde	gr.	<b>11215</b>	<b>11559</b>	<b>11653</b>	<b>11419</b>
Peso molde + base	gr.	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>	<b>6490</b>
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4725	5069	5163	4929
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>	<b>2085</b>
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.266	2.431	2.476	2.364
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	<b>245.8</b>	<b>265.9</b>	<b>281.9</b>	<b>297.3</b>
Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>241.8</b>	<b>256.8</b>	<b>268.7</b>	<b>277.0</b>
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>
Peso de agua	gr.	4.0	9.1	13.2	20.3
Peso del suelo seco	gr.	185.5	205.4	210.6	227.9
Contenido de agua	%	2.2	4.4	6.3	8.9
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.218</b>	<b>2.328</b>	<b>2.330</b>	<b>2.171</b>



**Figura 86: Curva Densidad seca – Humedad – primer ensayo – 4%**



**Figura 87: Curva Densidad seca – Humedad – segundo ensayo – 4%**



**Figura 88: Curva Densidad seca – Humedad – tercer ensayo – 4%**

**Tabla 124: resultados primer ensayo – 4%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.345</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.480</b>

**Tabla 125: resultados segundo ensayo – 4%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.342</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.460</b>

**Tabla 126: resultados tercer ensayo - 4%**

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.340</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.500</b>

#### **4.10.2. Valor De Soporte De California – Muestra Patrón + 4% Caucho**

En esta sección se aprecia los datos obtenidos en los ensayos, para el material natural con adición de 3.5% de caucho sobre el peso de la muestra a ensayar se obtuvo un CBR promedio de 87.1 de los tres ensayos realizados el cual está dentro del MTC para un tráfico en ejes equivalentes menores a 10000000 el cual indica un CBR mínimo de 80 pero para el caso de un tráfico en ejes equivalentes mayores a 10000000 el CBR mínimo es de 100 en el cual no cumple

con la especificación del MTC, este CBR es referido al 100% de la máxima densidad seca y una Penetración de carga de 0.1”.

**Tabla 127: CBR primer ensayo – 4%**

Molde N°		1		2		3							
N° Capa		5		5		5							
Golpes por capa N°		56		25		12							
Cond. de la muestra		NO SATURADO		NO SATURADO		NO SATURADO							
Peso molde + suelo húmedo	(g)	12982		12745		12640							
Peso de molde	(g)	7834		7749		7931							
Peso del suelo húmedo	(g)	5148		4996		4709							
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	2113		2113		2119							
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.436		2.364		2.222							
Humedad	(%)	5.800		6.470		5.660							
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.302</b>		<b>2.220</b>		<b>2.103</b>							
Tarro N°		1		2		3							
Tarro + Suelo húmedo	(g)	245.90		248.60		278.30							
Tarro + Suelo seco	(g)	235.30		236.90		266.10							
Peso del Agua	(g)	10.60		11.70		12.20							
Peso del tarro	(g)	52.60		56.20		50.60							
Peso del suelo seco	(g)	182.70		180.70		215.50							
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.80</b>		<b>6.47</b>		<b>5.66</b>							
PENETRACION													
PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	128.8			0.64	111.2			0.64	89.3		
0.050		1.27	345.7			1.27	282.3			1.27	100.8		
0.075		1.91	598.3			1.91	345.2			1.91	124.9		
0.100	1000.0	2.54	698.2	698.20	69.8	2.54	410.3	410.30	41.0	2.54	145.9	145.90	14.6
0.125		3.18	1085.3			3.18	689.3			3.18	245.9		
0.150		3.81	1314.7			3.81	799.8			3.81	299.3		
0.200	1500.0	5.08	1498.3	1498.30	99.9	5.08	824.3	824.30	55.0	5.08	319.3	319.30	21.3
0.300		7.62	1845.6			7.62	1203.5			7.62	428.9		
0.400		10.16	1945.8			10.16	1625.3			10.16	524.9		
0.500		13	2249.2			13	1895.3			13	578.3		

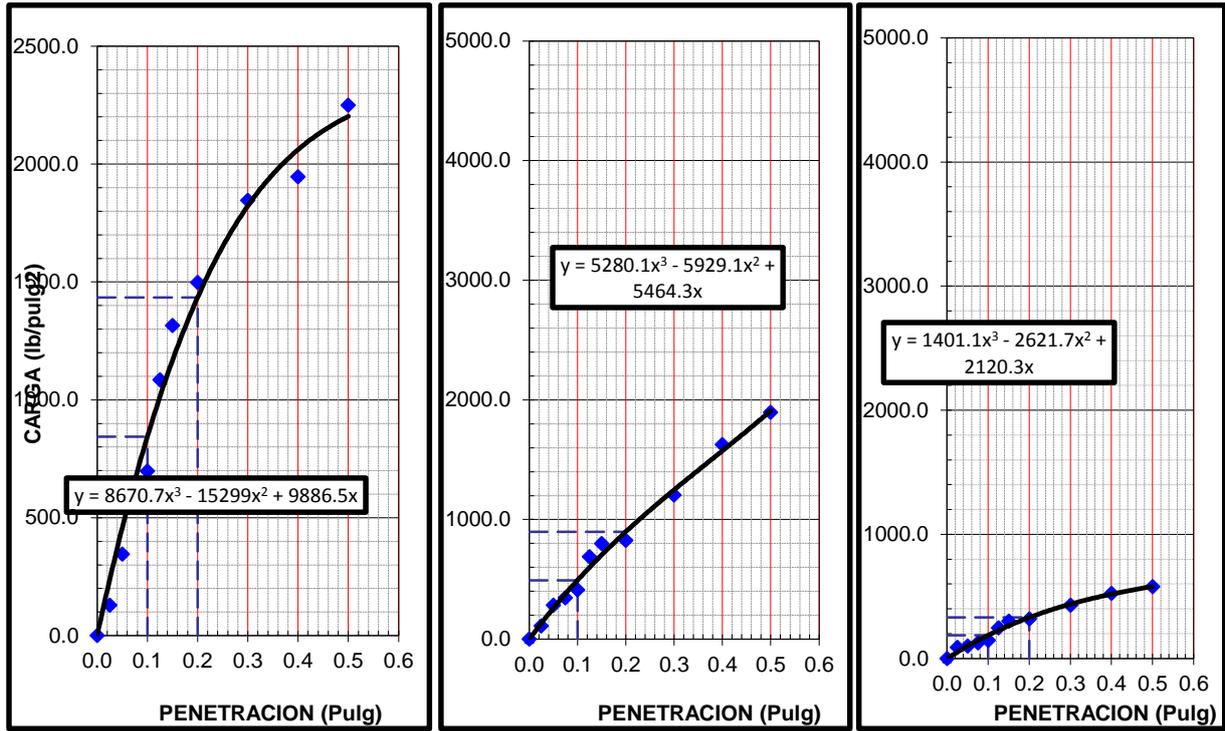


Figura 89: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes primer ensayo – 4%

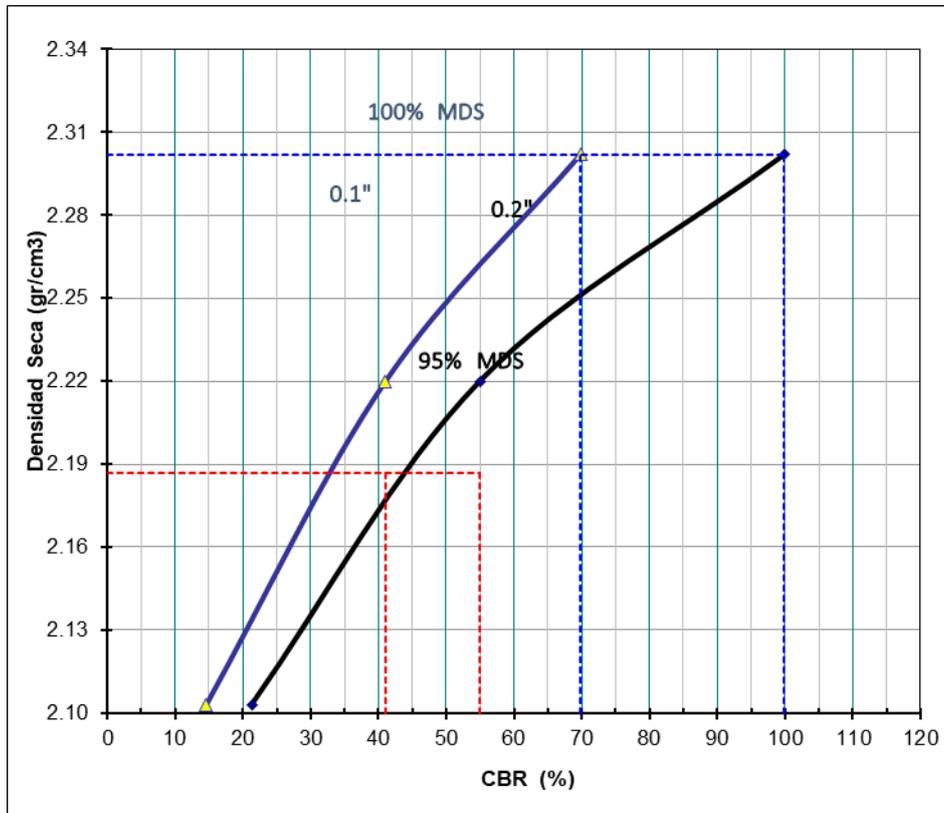


Figura 90: Densidad vs CBR primer ensayo – 4%

Tabla 128: CBR segundo ensayo – 4%

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12998</b>	<b>12754</b>	<b>12650</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5164	5005	4719
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.444	2.369	2.227
Humedad	(%)	5.980	6.230	5.720
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.306</b>	<b>2.230</b>	<b>2.107</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>284.60</b>	<b>274.30</b>	<b>241.10</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>271.50</b>	<b>261.50</b>	<b>230.80</b>
Peso del Agua	(g)	13.10	12.80	10.30
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	218.90	205.30	180.20
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.98</b>	<b>6.23</b>	<b>5.72</b>

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	139.1			<b>0.64</b>	146.2			<b>0.64</b>	109.0		
0.050		<b>1.27</b>	392.7			<b>1.27</b>	317.6			<b>1.27</b>	133.8		
0.075		<b>1.91</b>	639.2			<b>1.91</b>	345.2			<b>1.91</b>	131.1		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	738.2	738.20	73.8	<b>2.54</b>	447.3	447.30	44.7	<b>2.54</b>	165.2	165.20	16.5
0.125		<b>3.18</b>	1090.3			<b>3.18</b>	720.7			<b>3.18</b>	268.9		
0.150		<b>3.81</b>	1331.3			<b>3.81</b>	830.8			<b>3.81</b>	316.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1507.3	1507.30	100.5	<b>5.08</b>	839.8	839.80	56.0	<b>5.08</b>	338.4	338.40	22.6
0.300		<b>7.62</b>	1861.4			<b>7.62</b>	1225.5			<b>7.62</b>	473.9		
0.400		<b>10.16</b>	1969.8			<b>10.16</b>	1633.3			<b>10.16</b>	562.9		
0.500		<b>13</b>	2284.5			<b>13</b>	1917.9			<b>13</b>	602.5		

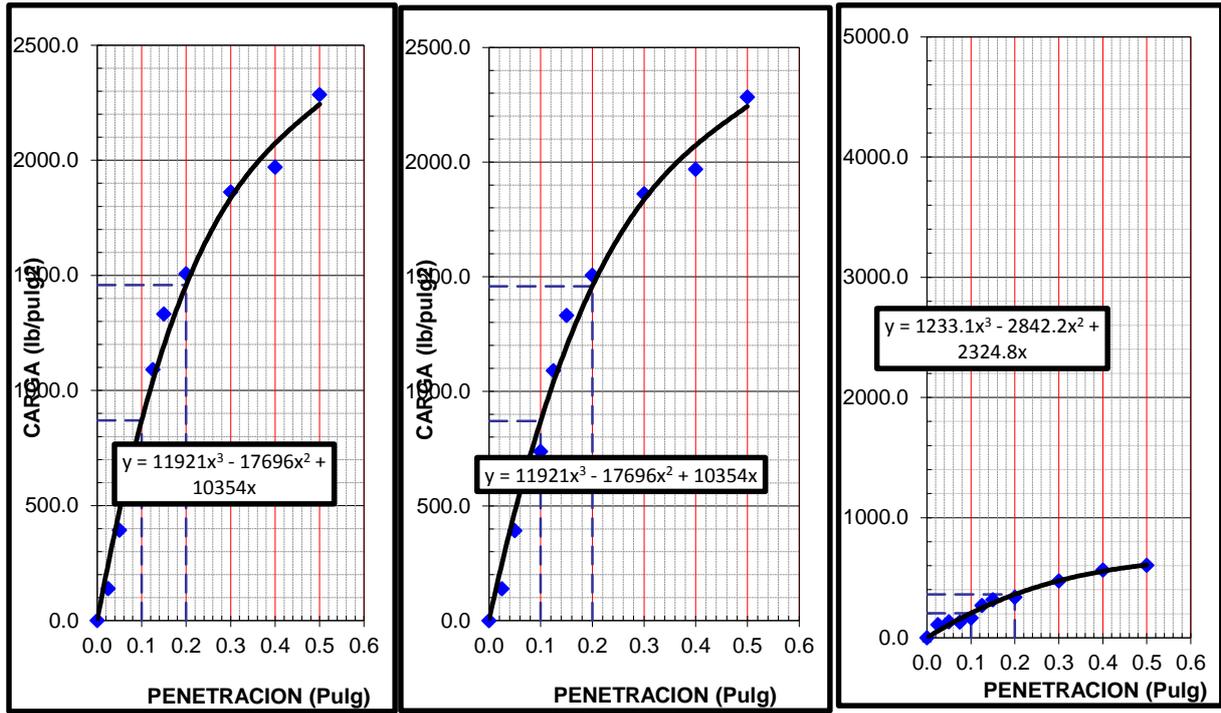


Figura 91: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes segundo ensayo – 4%

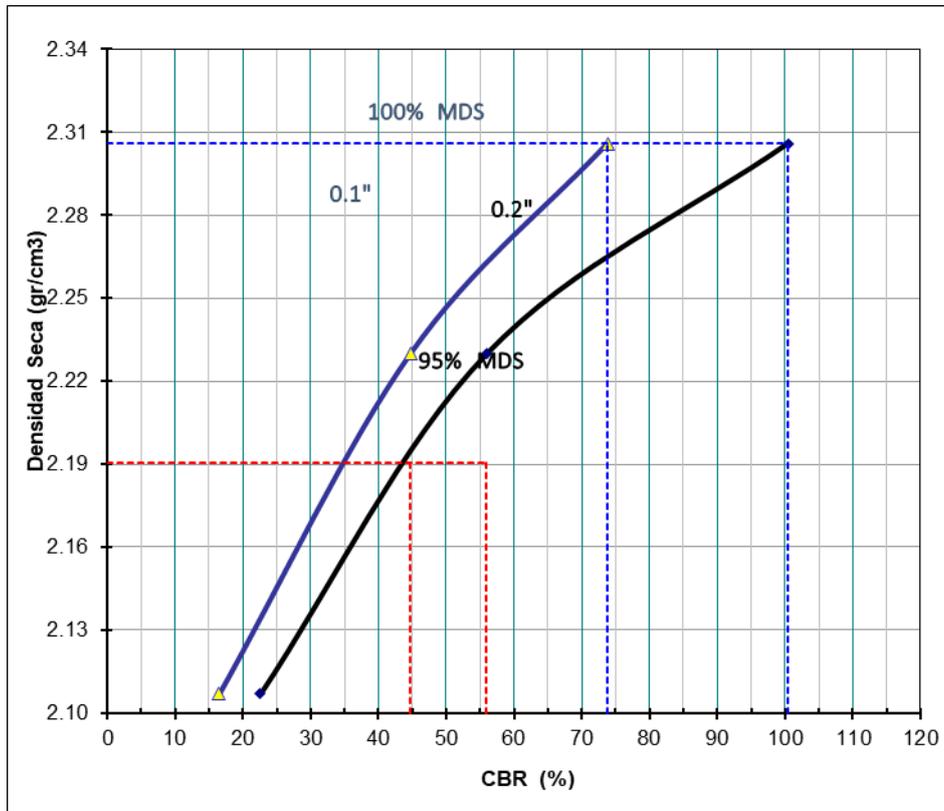


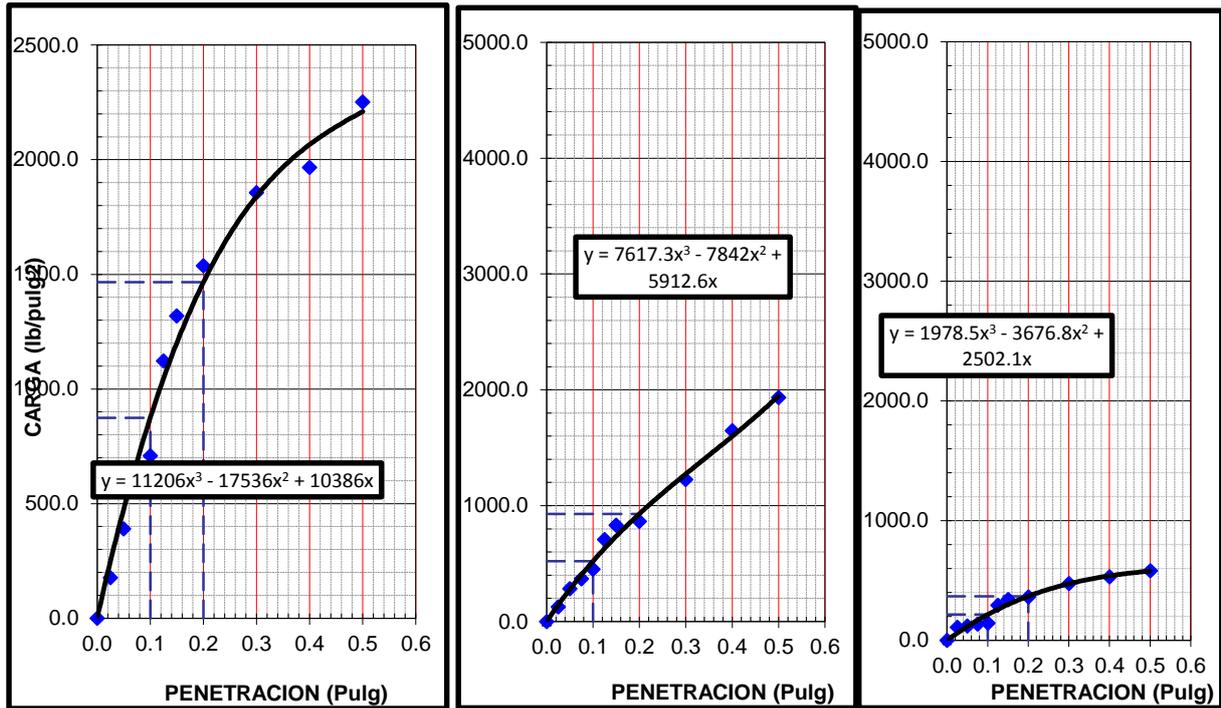
Figura 92: Densidad vs CBR segundo ensayo – 4%

Tabla 129: CBR Tercer ensayo – 4%

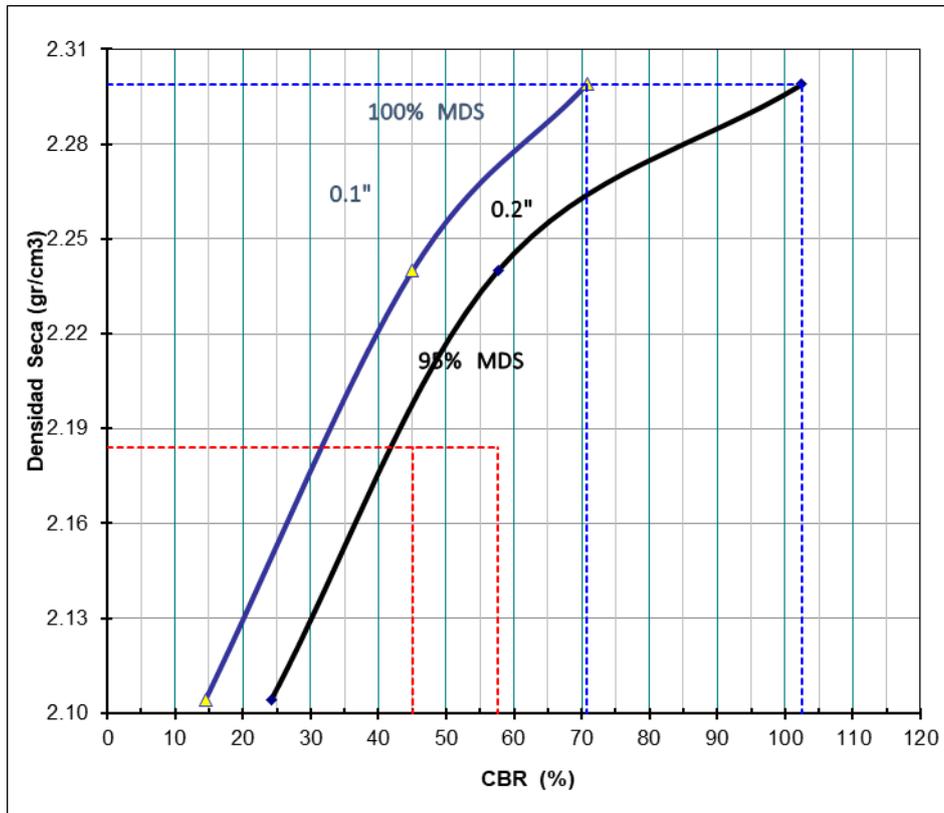
Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12974</b>	<b>12764</b>	<b>12653</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5140	5015	4722
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.433	2.373	2.228
Humedad	(%)	5.820	5.940	5.900
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.299</b>	<b>2.240</b>	<b>2.104</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>345.10</b>	<b>389.60</b>	<b>312.70</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>329.00</b>	<b>370.90</b>	<b>298.10</b>
Peso del Agua	(g)	16.10	18.70	14.60
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>
Peso del suelo seco	(g)	276.40	314.70	247.50
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.82</b>	<b>5.94</b>	<b>5.90</b>

**PENETRACION**

PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	175.9			<b>0.64</b>	125.5			<b>0.64</b>	110.1		
0.050		<b>1.27</b>	389.7			<b>1.27</b>	284.3			<b>1.27</b>	120.3		
0.075		<b>1.91</b>	643.3			<b>1.91</b>	370.2			<b>1.91</b>	135.2		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	707.8	707.80	70.8	<b>2.54</b>	450.4	450.40	45.0	<b>2.54</b>	145.0	145.00	14.5
0.125		<b>3.18</b>	1121.3			<b>3.18</b>	709.3			<b>3.18</b>	292.9		
0.150		<b>3.81</b>	1317.7			<b>3.81</b>	832.8			<b>3.81</b>	342.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1536.7	1536.70	102.4	<b>5.08</b>	864.2	864.20	57.6	<b>5.08</b>	362.9	362.90	24.2
0.300		<b>7.62</b>	1855.6			<b>7.62</b>	1225.5			<b>7.62</b>	473.9		
0.400		<b>10.16</b>	1965.8			<b>10.16</b>	1647.3			<b>10.16</b>	530.8		
0.500		<b>13</b>	2250.6			<b>13</b>	1934.1			<b>13</b>	582.7		



**Figura 93: Carga vs penetración 56,25 Y 12 golpes tercer ensayo – 4%**



**Figura 94: Densidad vs CBR tercer ensayo – 4%**

En ningún ensayo se presentó expansión o asentamiento.

**Tabla 130: Tabla de expansión – 4%**

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0									
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>								
		48									
		72									
		96									
		96									

En las siguientes tablas se aprecia los resultados de CBR obtenidos procesando los datos anteriores:

**Tabla 131: Resultados CBR Primer ensayo – 4%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	84.9	0.2":	123.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	43.8	0.2":	59.2

**Tabla 132: Resultados CBR segundo ensayo – 4%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	87.6	0.2":	121.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	43.6	0.2":	54.6

**Tabla 133: Resultados CBR tercer ensayo – 4%**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	88.7	0.2":	133.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	41.2	0.2":	53.4

#### **4.11. Resumen Y Análisis De Resultados Obtenidos**

Teniendo en cuenta que el material granular cumple con las exigencias de un material de base y con el fin de observar el comportamiento del material con la adición de diferentes proporciones de fibra de caucho reciclado se realizaron los ensayos con las siguientes dosificaciones 0.5, 1, 1.5, 2, 2.5, 3, 3.5 y 4% con respecto al peso del material necesario para realizar un ensayo, con lo cual se realizó un estudio comparativo entre las MDS, OCH y CBR obtenidos.

En la siguiente tabla 9 se aprecia los resultados obtenidos del ensayo de proctor modificado los cuales nos indican las máximas densidades y los óptimos contenidos de humedad.

Por consiguiente, como se observó en los datos obtenidos de los ensayos realizados en proctor modificado y CBR la fibra de caucho influye en las propiedades físico mecánicas de material granular tales como MDS, OCH y CBR.

Los valores de CBR aumentaron en los porcentajes de 0.5%, 1%, 1.5%, 2%, 2.5%, 3% y 3.5% pero para lo contrario con la adición de 4% disminuyo, la tendencia es de subida hasta un tope máximo en la adición de 1.5% para luego descender hasta llegar a 4% donde empieza a perjudicar el valor de soporte CBR, todos estos valores están comparados con el del material granular original.

Se comprobó que la fibra de caucho tallado influye en el valor de máxima densidad seca MDS del material de la base granular con una tendencia de subida y luego de bajada el tope de la máxima densidad seca se logra con la adición de 1.5% de fibra de caucho para luego descender, esto guarda una relación con los valores de CBR obtenido ya que los valores máximos de CBR obtenidos se encuentra con la adición de 1.5% de fibra de caucho reciclado.

Finalmente observamos el siguiente resumen de los datos obtenidos:

**Tabla 134: Tabla de resúmenes de resultados.**

Descripción	MDS	OCH	100%		95%		
			0.1	0.2	0.1	0.2	
	1	2.347	5.32	90.9	123.4	44.9	65.5
base granular	2	2.348	5.30	89.4	115.5	48.3	69.5
	3	2.346	5.34	88.4	125.9	34.8	50.5
	1	2.368	5.60	99.7	134.4	48.2	56.6
Adición 0.5%	2	2.365	5.64	91.0	110.5	46.3	52.1
	3	2.366	5.57	95.3	150.9	49.0	57.4
	1	2.372	5.70	102.8	151.7	63.7	80.3
Adición 1.0%	2	2.375	5.75	103.5	155.3	65.1	84.8
	3	2.370	5.68	104.1	158.4	63.7	76.2
	1	2.379	5.84	124.9	153.2	64.4	75.8
Adición 1.5%	2	2.381	5.82	123.6	149.8	66.9	79.0
	3	2.377	5.81	127.4	150.9	64.2	71.4

	1	2.371	5.78	114.8	131.8	29.5	47.8
Adición 2.0%	2	2.372	5.76	112.3	126.3	41.6	55.4
	3	2.374	5.80	110.0	125.8	27.3	43.6
	1	2.365	5.74	106.3	118.7	42.2	54.9
Adición 2.5%	2	2.368	5.75	103.3	118.0	50.8	61.1
	3	2.362	5.71	109.1	113.4	40.9	51.0
	1	2.357	5.68	95.6	112.1	37.8	46.9
Adición 3.0%	2	2.354	5.65	97.8	113.8	43.0	48.7
	3	2.351	5.62	98.0	112.1	41.5	46.3
	1	2.349	5.59	91.0	132.2	32.1	37.4
Adición 3.5%	2	2.347	5.52	91.3	137.9	32.3	37.6
	3	2.348	5.56	92.0	134.4	33.5	38.9
	1	2.345	5.48	84.9	123.4	43.8	59.2
Adición 4.0%	2	2.342	5.46	87.6	121.6	43.6	54.6
	3	2.340	5.50	88.7	133.6	41.2	53.4

En la siguiente tabla se muestra el coeficiente de variación CV con el cual se mide la proporción de la desviación estándar con respecto de la media; esto es una medida de dispersión relativa de un conjunto de datos, para este caso se analizó los datos de Máxima Densidad Seca, Óptimo contenido de Humedad y CBR al 100% de 0.1 pulg de penetración, para verificar si la data obtenida en los ensayos se utiliza estadísticamente es necesario que el coeficiente de variación sea menor a 15%, en las tres siguientes tablas se observa que este parámetro cumple por lo cual la data obtenida es confiable.

**Tabla 135: Coeficiente de variación de MDS**

Descripción	MDS	Media	Desviación Estandar	$C.V=(D.Estandar/Media)*100$	$C.V<15\%$	
base granular	1	2.347	2.34700	0.001000	0.0426	
	2	2.348				
	3	2.346				
Adición 0.5%	1	2.368	2.36633	0.001528	0.0646	
	2	2.365				
	3	2.366				
Adición 1.0%	1	2.372	2.37233	0.002517	0.1061	
	2	2.375				
	3	2.370				
	1	2.379	2.37900	0.002000	0.0841	cumple

Adición 1.5%	2	2.381				
	3	2.377				
	1	2.371				
Adición 2.0%	2	2.372	2.37233	0.001528	0.0644	cumple
	3	2.374				
	1	2.365				
Adición 2.5%	2	2.368	2.36500	0.003000	0.1268	cumple
	3	2.362				
	1	2.357				
Adición 3.0%	2	2.354	2.35400	0.003000	0.1274	cumple
	3	2.351				
	1	2.349				
Adición 3.5%	2	2.347	2.34800	0.001000	0.0426	cumple
	3	2.348				
	1	2.345				
Adición 4.0%	2	2.342	2.34233	0.002517	0.1075	cumple
	3	2.340				

**Tabla 136: Coeficiente de variación de OCH**

Descripción	OCH	Media	Desviación Estandar	$C.V=(D.Estandar/Media)*100$	$C.V<15\%$
	1	5.32			
base granular	2	5.30	5.3200	0.02	0.37593985
	3	5.34			
	1	5.60			
Adición 0.5%	2	5.64	5.6033	0.03512	0.626773508
	3	5.57			
	1	5.70			
Adición 1.0%	2	5.75	5.7100	0.03606	0.631523643
	3	5.68			
	1	5.84			
Adición 1.5%	2	5.82	5.8233	0.01528	0.262394175
	3	5.81			
	1	5.78			
Adición 2.0%	2	5.76	5.7800	0.02	0.346020761
	3	5.80			
	1	5.74			
Adición 2.5%	2	5.75	5.7333	0.02082	0.363141646
	3	5.71			
	1	5.68			
Adición 3.0%	2	5.65	5.6500	0.03	0.530973451

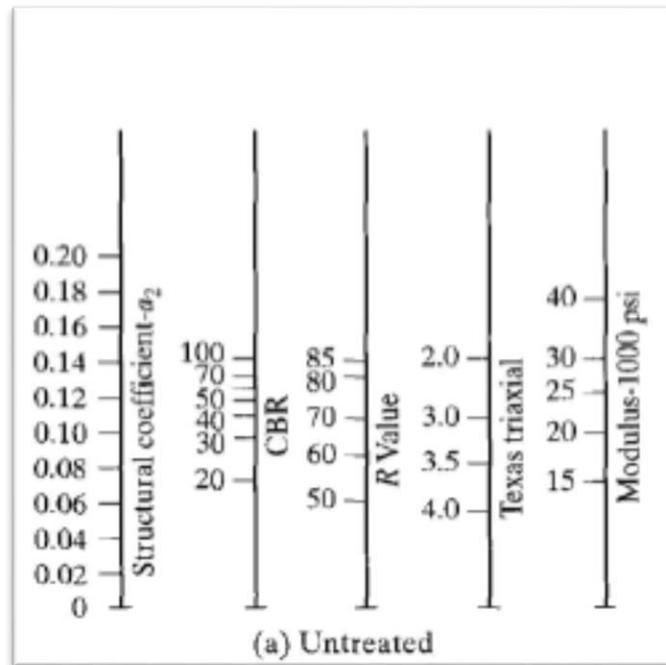
	3	5.62				
	1	5.59				
Adición 3.5%	2	5.52	5.5567	0.03512	0.632029802	cumple
	3	5.56				
	1	5.48				
Adición 4.0%	2	5.46	5.4800	0.02	0.364963504	cumple
	3	5.50				

**Tabla 137: Coeficiente de variación de CBR al 100% a 0.1pulg**

Descripción	100%		Media	Desviación Estandar	C.V=(D.Estandar/Media)*100	C.V<15%
		0.1				
base granular	1	90.90	89.5800	1.27354	1.421678946	cumple
	2	89.40				
	3	88.40				
Adición 0.5%	1	99.70	95.3000	4.36521	4.580493179	cumple
	2	91.00				
	3	95.30				
Adición 1.0%	1	102.80	103.4700	0.64094	0.61944525	cumple
	2	103.50				
	3	104.10				
Adición 1.5%	1	124.90	125.2633	1.92731	1.538607078	cumple
	2	123.60				
	3	127.40				
Adición 2.0%	1	114.80	112.3567	2.43116	2.163787295	cumple
	2	112.30				
	3	110.00				
Adición 2.5%	1	106.30	106.2267	2.91037	2.739772581	cumple
	2	103.30				
	3	109.10				
Adición 3.0%	1	95.60	97.1400	1.37128	1.411653284	cumple
	2	97.80				
	3	98.00				
Adición 3.5%	1	91.00	91.4467	0.47983	0.524710022	cumple
	2	91.30				
	3	92.00				
Adición 4.0%	1	84.90	87.0633	1.93174	2.218776453	cumple
	2	87.60				
	3	88.70				

#### 4.12. Analisis del coeficiente estructural

La figura muestra el calculo de el coefiente estructural en una base granular el cual fue necesario para poder determinar los valores obtenidos en el siguiente análisis.



**Figura 95: Coeficiente estructural en base granular**

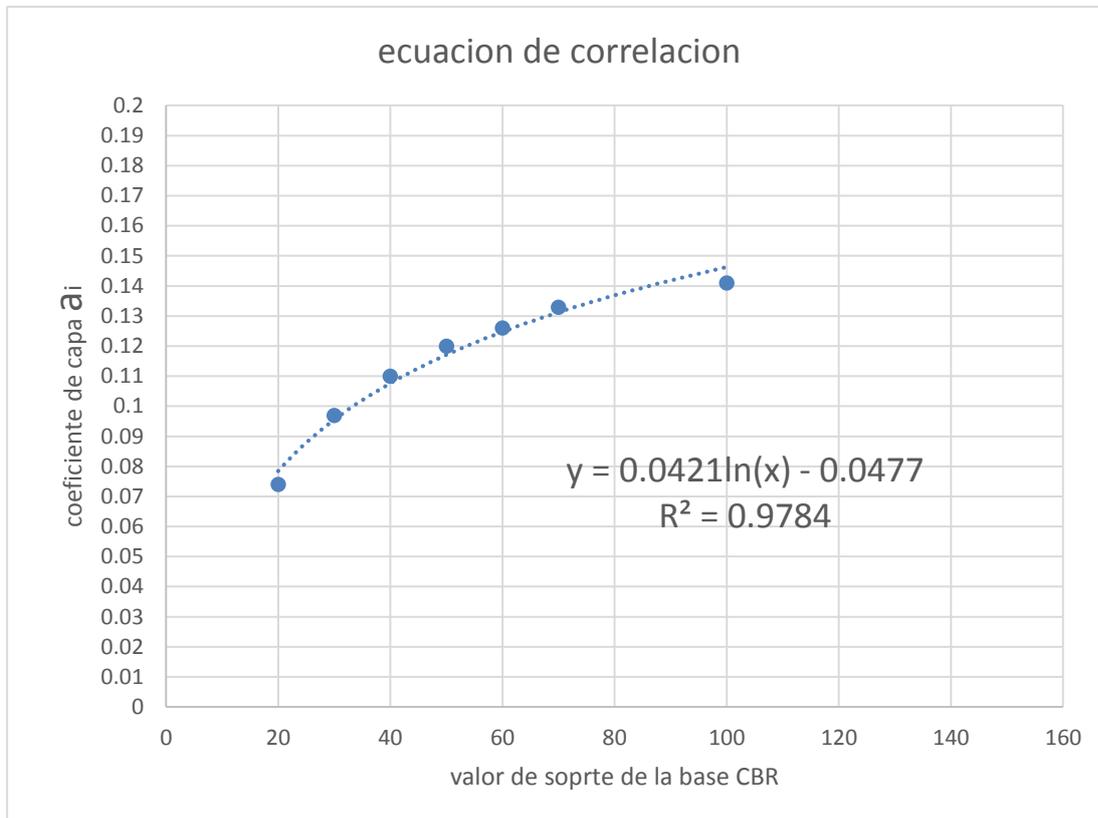
**Fuente. guía AASHTO 93, apuntes de clases de Ph. D Andrés Sotil**

Para obtener el coeficiente estructural es necesario obtenerlos mediante CBRs estándar, para este caso obtaremos por los siguientes:

**Tabla 138: CBR y a1**

CBR	a1
20	0.074
30	0.097
40	0.11
50	0.12
60	0.126
70	0.133
100	0.141

Con ayuda de los ábacos se obtuvo los coeficientes de cada capa para poder ase obtener una ecuación de correlacion entre el CBR el coeficiente de capa la cual se observa en la siguiente figura:



**Figura 96: Ecuacion de correlacion ai vs CBR**

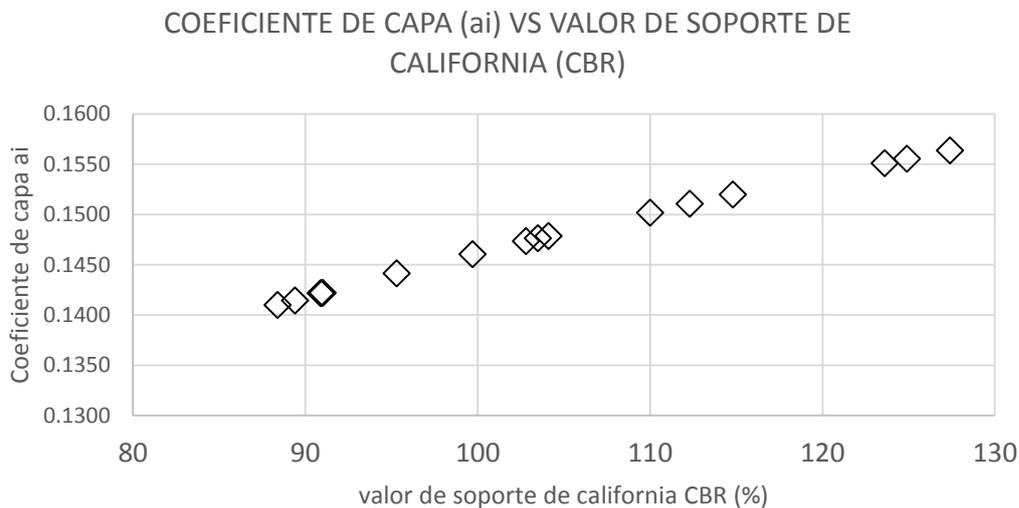
De la figura mostrada se obtuvo la ecuación de correlacion  $y = 0.0421\ln(x) - 0.0477$   $R^2 = 0.9784$ , con el que se tabulo y obtuvo los coeficientes de capa para los CBRs obtenido cuyo promedio natural es 89.58% y adición optima al 1.5% el promedio es 125.26% en la investigacion, en la siguiente tabla se muestra los valores obtenidos.

**Tabla 139: CBR y ai obtenidos**

CBR	ai	CBR	ai
90.90	0.1422	106.30	0.1487
89.40	0.1415	103.30	0.1475
88.40	0.1410	109.10	0.1498
99.70	0.1461	95.60	0.1443
91.00	0.1422	97.80	0.1452

95.30	0.1442	98.00	0.1453
102.80	0.1473	91.00	0.1422
103.50	0.1476	91.3	0.1423
104.10	0.1479	92.00	0.1427
124.90	0.1555	84.90	0.1393
123.60	0.1551	87.60	0.1406
127.40	0.1564	88.70	0.1411
114.80	0.1520		
112.30	0.1511		
110.00	0.1502		

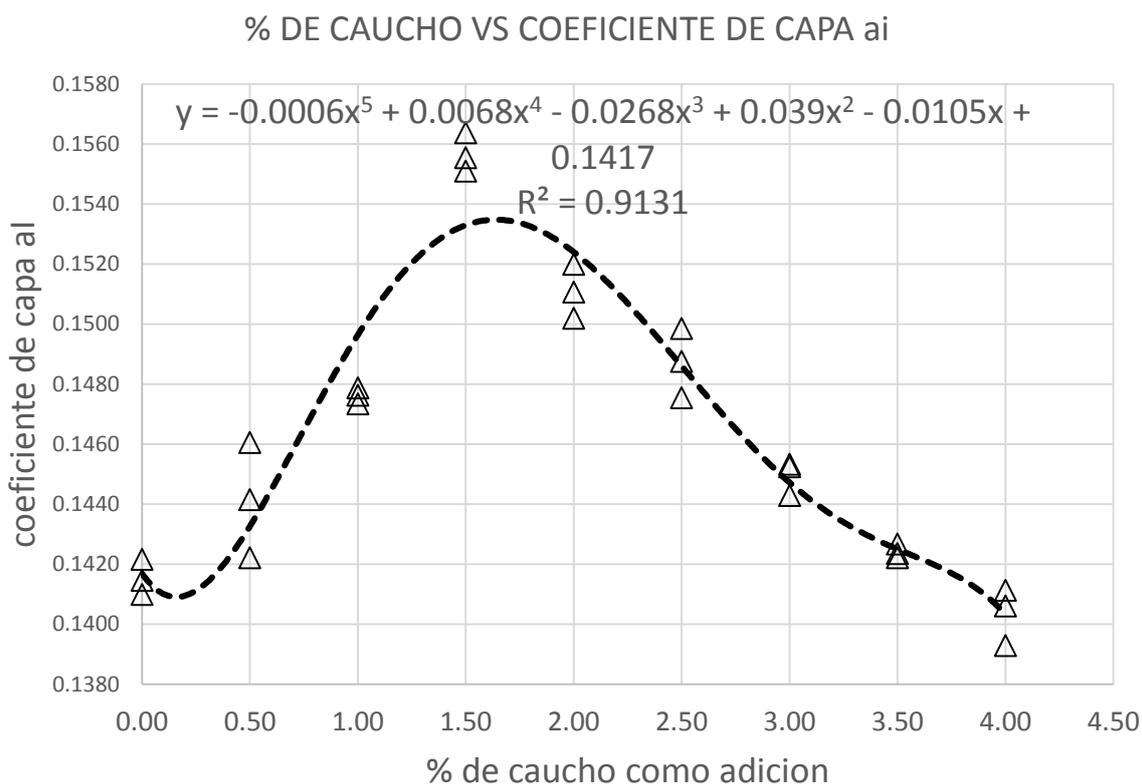
Con la data obtenida se grafica la tendencia de coeficiente de capa vs CBR y con la siguiente ecuación  $y = 0.029\ln(x) + 0.0096$ , con valor de confiabilidad  $R^2 = 0.9893$ .



**Figura 97: Tendencia a1 vs CBR**

También se realizó la línea tendencia de % de caucho vs coeficiente de capa, con la siguiente ecuación  $y = -0.0006x^5 + 0.0068x^4 - 0.0268x^3 + 0.039x^2 - 0.0105x + 0.1417$  y una confiabilidad de  $R^2 = 0.9131$ .

Se obtiene de la grafica que el coeficiente de capa obtenido con el porcentaje optimo de caucho 1.5% es de 0.156 y el coeficiente de capa del material en estado natural es de 0.1415.



**Figura 98: Tendencia a1 vs % de caucho**

**4.13. Análisis de Espesor de Capa**

Se analizo según los criterios y requisitos del MTC, se considero los siguientes datos para obtener los espesores usando el programa Ecuacion AASHTO 93.

Para poder comparar costos y espesores en función al coeficiente estructural obtenido se realizo el diseño de tres pavimentos flexibles.

**Tabla 140: Datos de diseño**

ESAL	1,000,000	5,000,000	10,000,000
CBR diseño	10	10	10
Mr	11,153	11,153	11,153
R	80	85	90
Zr	-0.842	-1.036	-1.282
So	0-45	0-45	0-45
Pi	3.8	4	4
Pf	2	2.5	2.5
SNo	2.75	3.84	4.48

En las siguientes figuras se observa el numero estructural obtenido en el programa ecuación AASHTO 93.

The screenshot shows the 'Ecuación AASHTO 93' software interface. The window title is 'Ecuación AASHTO 93'. The interface is divided into several sections:

- Tipo de Pavimento:** Radio buttons for 'Pavimento flexible' (selected) and 'Pavimento rígido'.
- Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So):** A dropdown menu showing '80 % Zr=-0.841' and a text box for 'So' with the value '0.45'.
- Serviciabilidad inicial y final:** Text boxes for 'PSI inicial' (value '3.8') and 'PSI final' (value '2').
- Módulo resiliente de la subrasante:** Text box for 'Mr' with the value '11153 psi'.
- Información adicional para pavimentos rígidos:** Four empty text boxes for 'Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)', 'Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)', 'Coeficiente de transmisión de carga - (J)', and 'Coeficiente de drenaje - (Cd)'.
- Tipo de Análisis:** Radio buttons for 'Calcular SN' (selected) and 'Calcular W18'. A text box for 'W18 =' has the value '1000000'.
- Número Estructural:** A text box for 'SN =' has the value '2.75'.

At the bottom, there are two buttons: 'Calcular' and 'Salir'.

**Figura 99: SN 1 MILLON**

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 85 %  $Z_r = -1.037$  So

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial  PSI final

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr  psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)   
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)   
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 =**   
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN =**

**Figura 100: SN 5 MILLONES**

**Ecuación AASHTO 93**

Tipo de Pavimento  
 Pavimento flexible  Pavimento rígido

Confiabilidad (R) y Desviación estándar (So)  
 90 %  $Z_r = -1.282$  So

Serviciabilidad inicial y final  
 PSI inicial  PSI final

Módulo resiliente de la subrasante  
 Mr  psi

Información adicional para pavimentos rígidos

Módulo de elasticidad del concreto - Ec (psi)   
 Coeficiente de transmisión de carga - (J)   
 Módulo de rotura del concreto - Sc (psi)   
 Coeficiente de drenaje - (Cd)

Tipo de Análisis  
 Calcular SN **W18 =**   
 Calcular W18

Número Estructural  
**SN =**

**Figura 101: SN 10 MILLONES**

Se considero los siguientes coeficientes de capa según lo desarrollado en análisis de coeficiente de capa para el material en estado natural.

**Tabla 141: Coeficientes de capa material natural**

a1	0.44	carpeta	
a2	0.1415	CBR=	89.58%
a3	0.12	CBR=	40.00%

Se considero los siguientes coeficientes de capa según lo desarrollado en análisis de coeficiente de capa para el material con adición de 1.5% de caucho reciclado.

**Tabla 142: Coeficientes de capa material + 1.5% caucho**

a1	0.44	carpeta	
a2	0.156	CBR=	125.26%
a3	0.12	CBR=	40.00%

Finalmente obtenemos los espesores de capa.

**Tabla 143: Resultado de espesores**

Espesor		1000000		5000000		10000000	
		Natural	1.50%	Natural	1.50%	Natural	1.50%
ESPESOR CARPETA	D1	3	3	4	4	5	5
ESPESOR BASE	D2	5	4.535	6	5.44	8	7.25
ESPESOR SUBBASE	D3	6.02	6.02	10.26	10.26	9.57	9.57

#### 4.14. Analisis de Costos

La investigación se realizó de manera manual, por lo cual se considero los siguientes costos para la obtención de fibra de caucho tallado manualmente, también se considero la producción de manera industrial para realizar una comparación de como influye los costos en una carretera de 50km y una calzada de 9.6m.

Para la producción industrial de caucho reciclado se tomo los costos recomendados por la empresa INGENERSUN el cual es proveedor de maquinarias y producción de caucho reciclado.

Para la investigación se obtuvo cámaras de bicicleta reciclado el cual se obtuvo con el siguiente precio, se adiciono un 10% en el costo para considerar el desperdicio.

**Tabla 144: Costo x kg**

	Costo(S/.) kg	Costo+10%des(S/.) kg
Camara de Bicicleta	S/ 0.10	S/ 0.11

Se concidero 1.5kg el peso de una cámara de llanta de bicicleta, y para obtener la cantidad necesaria para 1 m3 de material en campo se obtuvo la siguiente cantidad.

**Tabla 145: Cantidad por m3**

	Densidad suelo	Cantidad optima (1.5%)
1m3	2200kg/m3	33 KG/m3

En la producción manual e industrial se concidero un 10% de desperdicio el cual fue añadido en el costo final del material, y finalmente tenemos el costo necesario para una adición de 1.5% de caucho reciclado por metro cubico.

**Tabla 146: Costo por m3 manual - industrial**

Costo de caucho x m3 (Manual-Industrial)				
	Costo(S/.) kg	Tiempo	Prodxh (KG)	Costo por m3
Produccion Manual	S/ 8.00	1hora	1	S/ 264.00
Produccion Industrial	S/ 0.33	1 min	50	S/ 10.89

Finalmente tenemos los costos para 1millon, 5millores y 10 millones de ejes equivalentes respectivamente.

**Tabla 147: Resultado costos de 1 millon de ejes equivalentes caucho manual**

		ESPESOR BASE Pulg	COSTO m3		Costo en carretera
ESAL	1000000 ee		m3	m3	50km-9.6m
CBR Natural	89.58%	5	S/ 115.00	S/ 14.61	S/ 7,010,400.00
CBR ADICION 1.5%	125.26%	4.535	S/ 379.00	S/ 43.66	S/ 20,955,182.88
			AHORRO	-S/ 29.05	-S/ 13,944,782.88

**Tabla 148: Resultado costos de 1 millon de ejes equivalentes caucho industrial**

		ESPESOR BASE Pulg	COSTO m3		Costo en carretera
ESAL	1000000e e		m3	m3	50km-9.6m
CBR Natural	89.58%	5	S/ 115.00	S/ 14.61	S/ 7,010,400.00

CBR ADICION 1.5%	125.26%	4.535	S/ 125.89	S/ 14.50	S/ 6,960,548.74
			AHORRO	S/ 0.10	S/ 49,851.26

**Tabla 149: Resultado costos de 5 millones de ejes equivalentes caucho manual**

Trafico para 5 millones de ejes equivalentes con caucho manual					
		ESPESOR BASE Pulg	COSTO m3		Costo en carretera
ESAL	5000000 ee		m3	m3	50km-9.6m
CBR Natural	89.58%	6	S/ 115.00	S/ 17.53	S/ 8,412,480.00
CBR ADICION 1.5%	125.26%	5.44	S/ 379.00	S/ 52.37	S/ 25,136,977.92
			AHORRO	-S/ 34.84	-S/ 16,724,497.92

**Tabla 150: Resultado costos de 5 millones de ejes equivalentes caucho industrial**

Trafico para 5 millones de ejes equivalentes con caucho Industrial					
		ESPESOR BASE Pulg	COSTO m3		Costo en carretera
ESAL	5000000e e		m3	m3	50km-9.6m
CBR Natural	89.58%	6	S/ 115.00	S/ 17.53	S/ 8,412,480.00
CBR ADICION 1.5%	125.26%	5.44	S/ 125.89	S/ 17.39	S/ 8,349,588.79
			AHORRO	S/ 0.13	S/ 62,891.21

**Tabla 151 Resultado costos de 10 millones de ejes equivalentes caucho manual**

Trafico para 10 millones de ejes equivalentes con caucho manual					
		ESPESOR BASE Pulg	COSTO m3		Costo en carretera
ESAL	10000000 ee		m3	m3	50km-9.6m
CBR Natural	89.58%	8	S/ 115.00	S/ 23.37	S/ 11,216,640.00
CBR ADICION 1.5%	125.26%	7.25	S/ 379.00	S/ 69.79	S/ 33,500,568.00
			AHORRO	-S/ 46.42	-S/ 22,283,928.00

**Tabla 152: Resultado costos de 10 millones de ejes equivalentes caucho industrial**

Trafico para 10 millones de ejes equivalentes con caucho industrial					
		ESPESOR BASE Pulg	COSTO m3		Costo en carretera
ESAL	10000000 ee		m3	m3	50km-9.6m

CBR Natural	89.58%	8	S/ 115.00	S/ 23.37	S/ 11,216,640.00
CBR ADICION 1.5%	125.26%	7.25	S/ 125.89	S/ 23.18	S/ 11,127,668.88
			AHORRO	S/ 0.19	S/ 88,971.12

#### 4.15. Análisis Estadístico De Resultados

En las siguientes tablas se muestra el resumen del análisis mediante el programa de SPSS donde se ve la correlación que tiene el % de caucho con: Máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad y CBR

Datos de análisis de % caucho y máxima densidad seca.

**Tabla 153: Resumen de procesamiento de casos % caucho y máxima densidad seca**

#### Resumen de procesamiento de casos

% DE CAUCHO		Casos	
		Total	
		N	Porcentaje
MAXIMA DENSIDAD SECA	,0	3	100,0%
	,5	3	100,0%
	1,0	3	100,0%
	1,5	3	100,0%
	2,0	3	100,0%
	2,5	3	100,0%
	3,0	3	100,0%
	3,5	3	100,0%
	4,0	3	100,0%

En la siguiente tabla se observa el resumen estadístico donde se observa la media, mediana, desviación estándar a partir de los datos de máxima densidad seca obtenidas en el ensayo de proctor modificado.

**Tabla 154: Resumen estadístico de % caucho y máxima densidad seca**

**Descriptivos**

% DE CAUCHO		Estadístico	Error estándar		
MAXIMA DENSIDAD SECA	,0	Media	2,34700	,000577	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,34452	
			Límite superior	2,34948	
		Mediana	2,34700		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,001000		
		Mínimo	2,346		
		Máximo	2,348		
		,5	Media	2,36633	,000882
			95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,36254
		Límite superior		2,37013	
		Mediana	2,36600		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,001528		
		Mínimo	2,365		
		Máximo	2,368		
	1,0	Media	2,37233	,001453	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,36608	
			Límite superior	2,37858	
		Mediana	2,37200		
		Varianza	,000		

	Desviación estándar		,002517	
	Mínimo		2,370	
	Máximo		2,375	
1,5	Media		2,37900	,001155
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,37403	
		Límite superior	2,38397	
	Mediana		2,37900	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,002000	
	Mínimo		2,377	
	Máximo		2,381	
2,0	Media		2,37233	,000882
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,36854	
		Límite superior	2,37613	
	Mediana		2,37200	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,001528	
	Mínimo		2,371	
	Máximo		2,374	
2,5	Media		2,36500	,001732
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,35755	
		Límite superior	2,37245	
	Mediana		2,36500	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,003000	

	Mínimo		2,362	
	Máximo		2,368	
3,0	Media		2,35400	,001732
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,34655	
		Límite superior	2,36145	
	Mediana		2,35400	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,003000	
	Mínimo		2,351	
	Máximo		2,357	
3,5	Media		2,34800	,000577
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,34552	
		Límite superior	2,35048	
	Mediana		2,34800	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,001000	
	Mínimo		2,347	
	Máximo		2,349	
4,0	Media		2,34233	,001453
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	2,33608	
		Límite superior	2,34858	
	Mediana		2,34200	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,002517	
	Mínimo		2,340	

	Máximo		2,345	
--	--------	--	-------	--

En la siguiente tabla se realizó el análisis de los datos para observar si siguen una distribución normal para la máxima densidad seca.

**Tabla 155: Pruebas de normalidad de datos entre % de caucho y Máxima densidad seca**

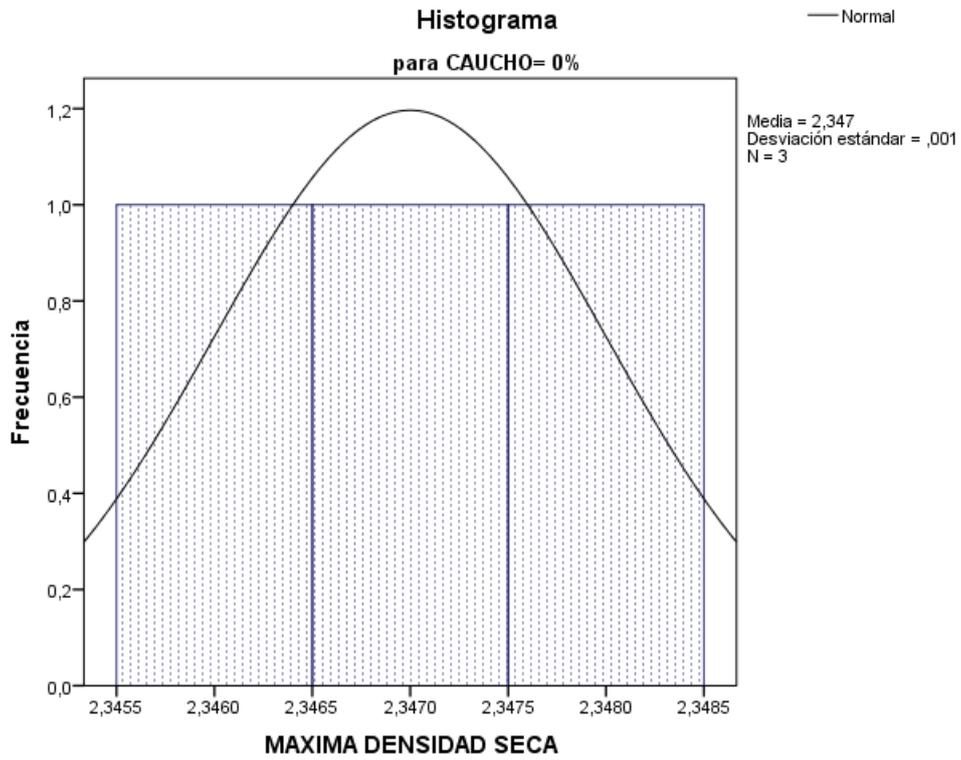
**Pruebas de normalidad**

	% DE CAUCHO	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
MAXIMA DENSIDAD SECA	,0	,175	3	.	1,000	3	1,000
	,5	,253	3	.	,964	3	,637
	1,0	,219	3	.	,987	3	,780
	1,5	,175	3	.	1,000	3	1,000
	2,0	,253	3	.	,964	3	,637
	2,5	,175	3	.	1,000	3	1,000
	3,0	,175	3	.	1,000	3	1,000
	3,5	,175	3	.	1,000	3	1,000
	4,0	,219	3	.	,987	3	,780

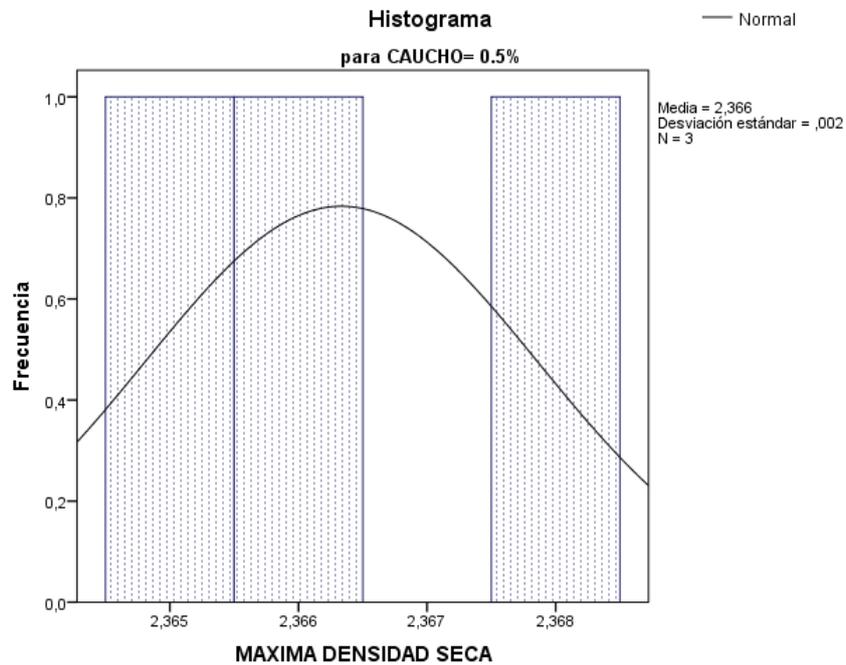
a. Corrección de significación de Lilliefors

Se analizó mediante normalidad de Shapiro – Wilk debido a que la cantidad de datos es menor a 50. También podemos observar que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos por lo que podemos deducir que la distribución es normal en la máxima densidad seca.

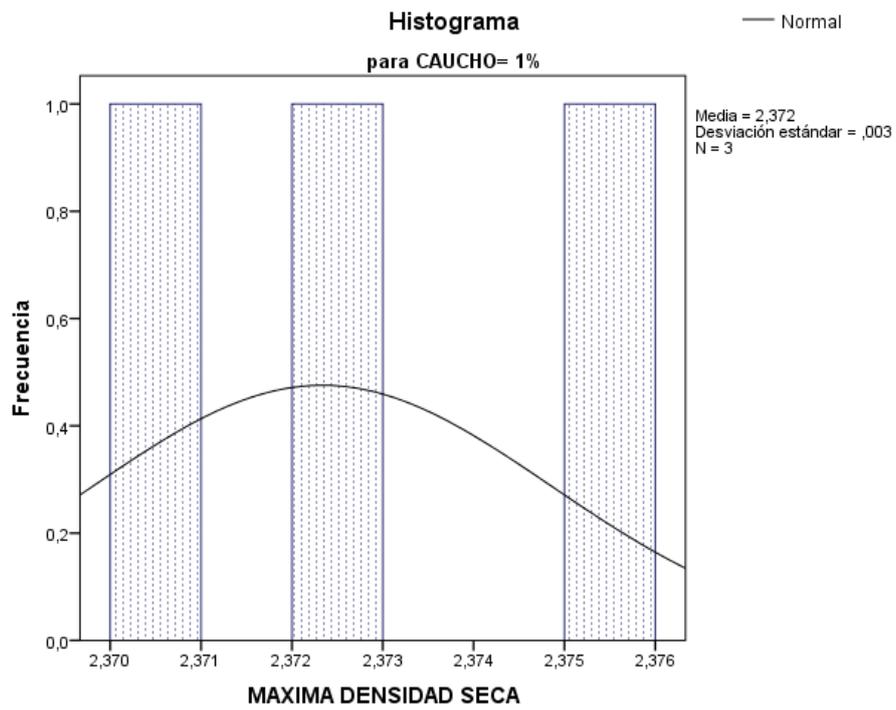
En la siguiente figura se observa la curva de normalidad y se observa la simetría de los datos de las máximas densidades secas obtenidas en cada porcentaje de caucho añadido y ensayado.



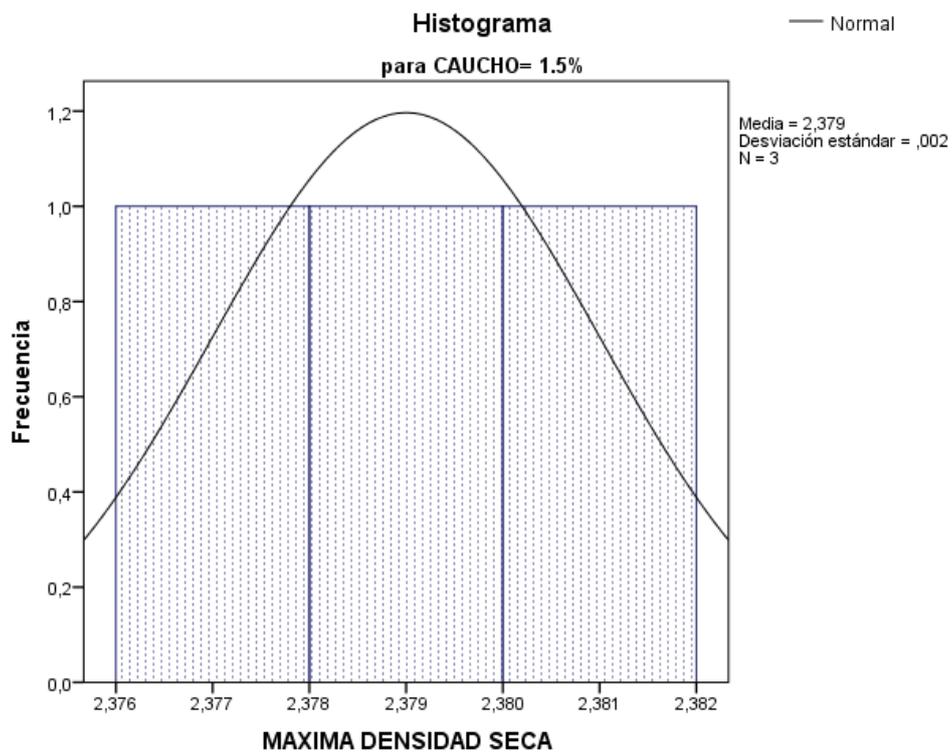
**Figura 102: Histograma caucho 0% - MDS**



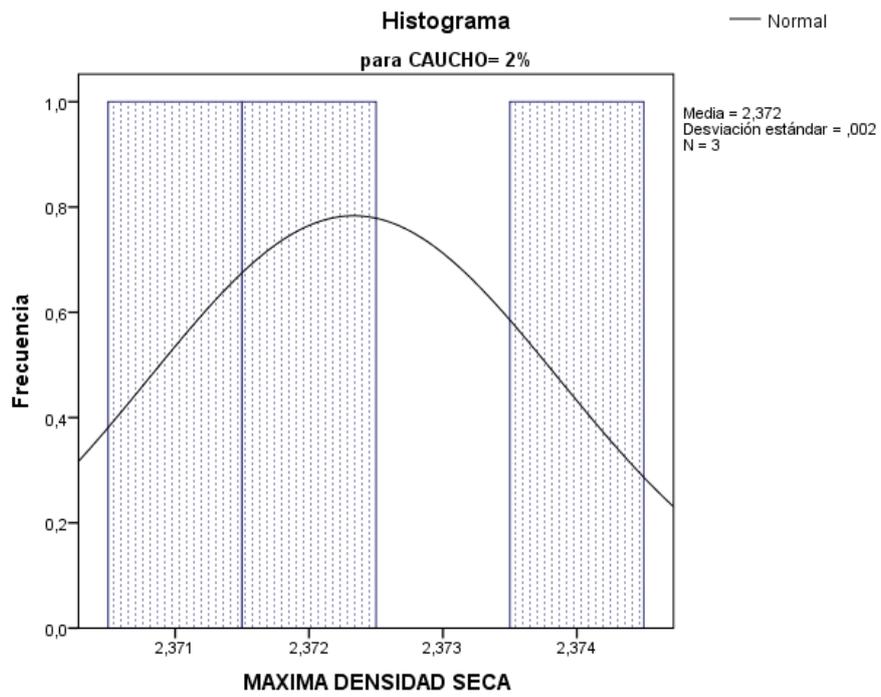
**Figura 103: Histograma caucho 0.5% - MDS**



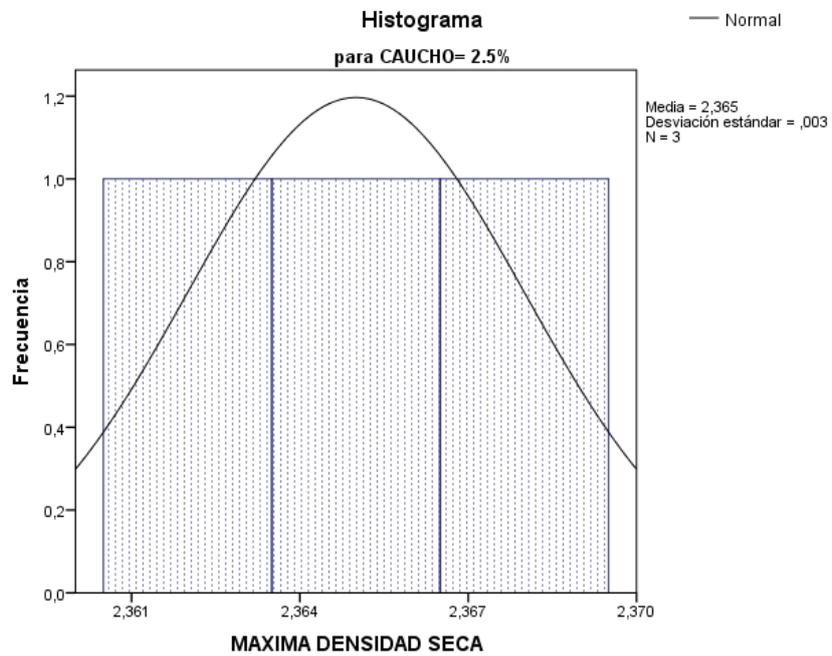
**Figura 104: Histograma caucho 1% - MDS**



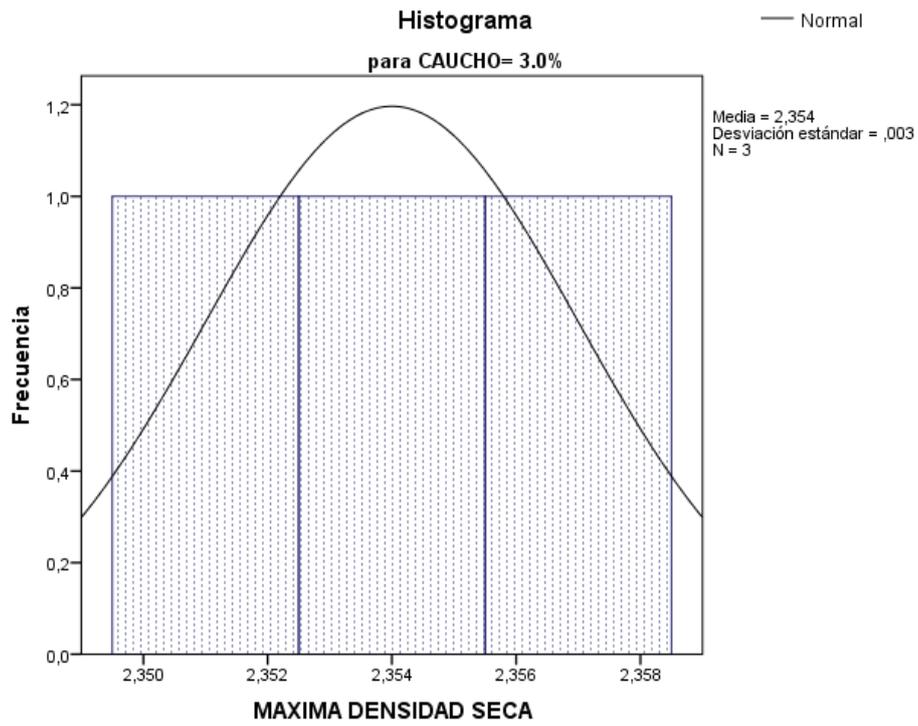
**Figura 105: Histograma caucho 1.5% - MDS**



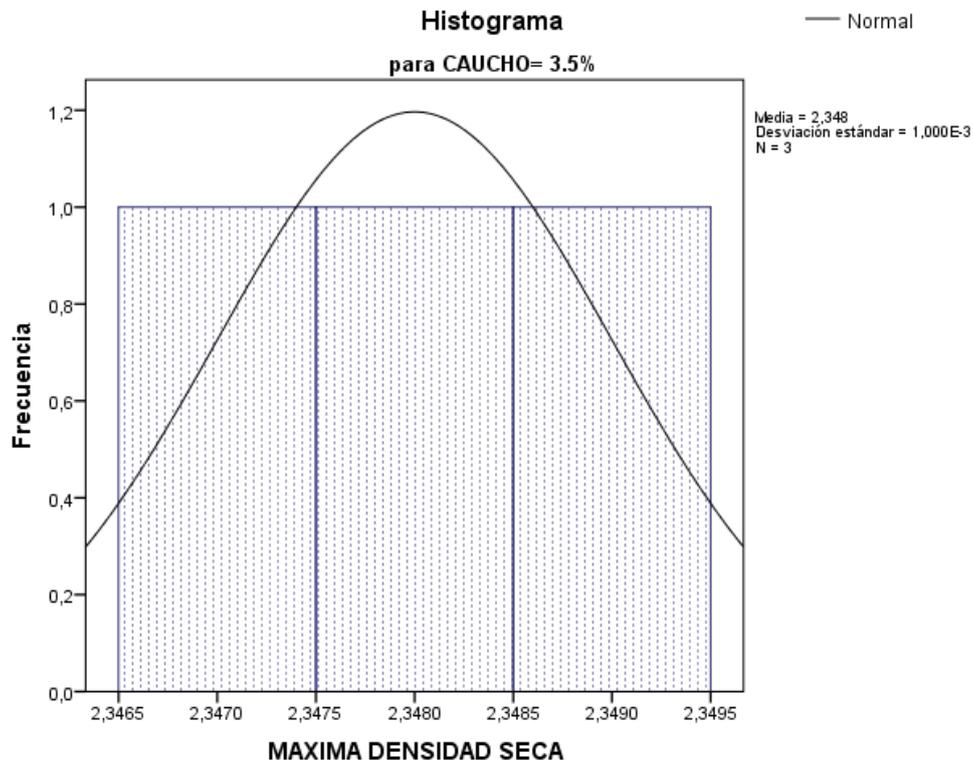
**Figura 106: Histograma caucho 2% - MDS**



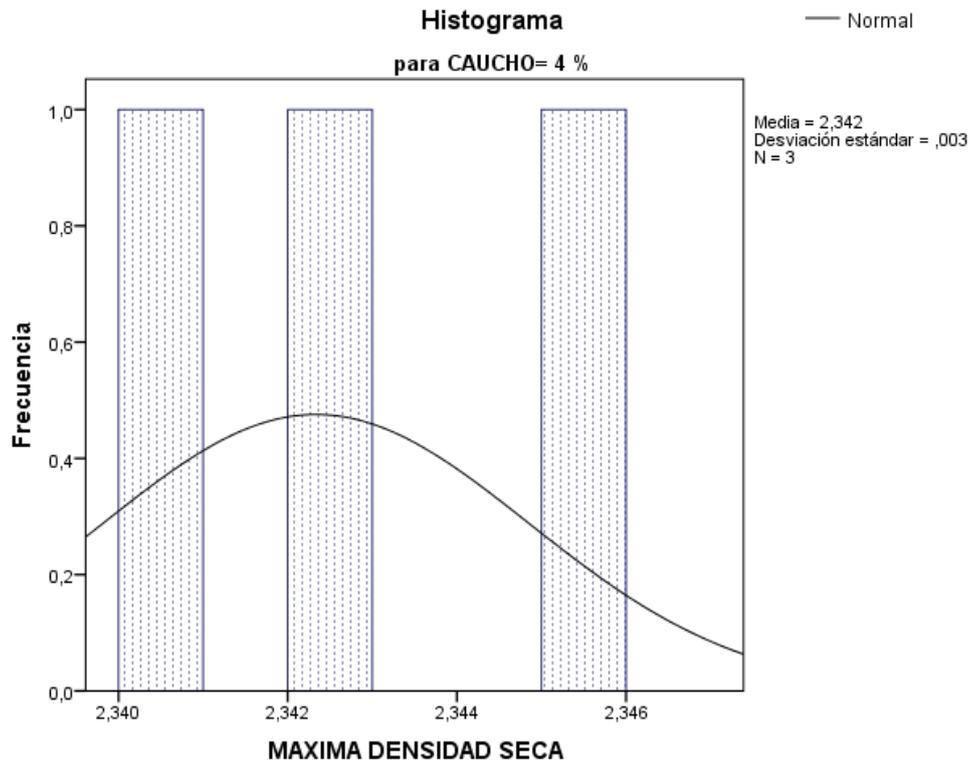
**Figura 107: Histograma caucho 2.5% - MDS**



**Figura 108: Histograma caucho 3% - MDS**



**Figura 109: Histograma caucho 3.5% - MDS**



**Figura 110: Histograma caucho 4% - MDS**

**H<sub>0</sub>:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de % caucho y la MDS)

**H<sub>1</sub>:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de % caucho y la MDS)

En la siguiente tabla se observa que la correlación de Pearson es diferente a 0 por lo que indica una correlación entre las variables.

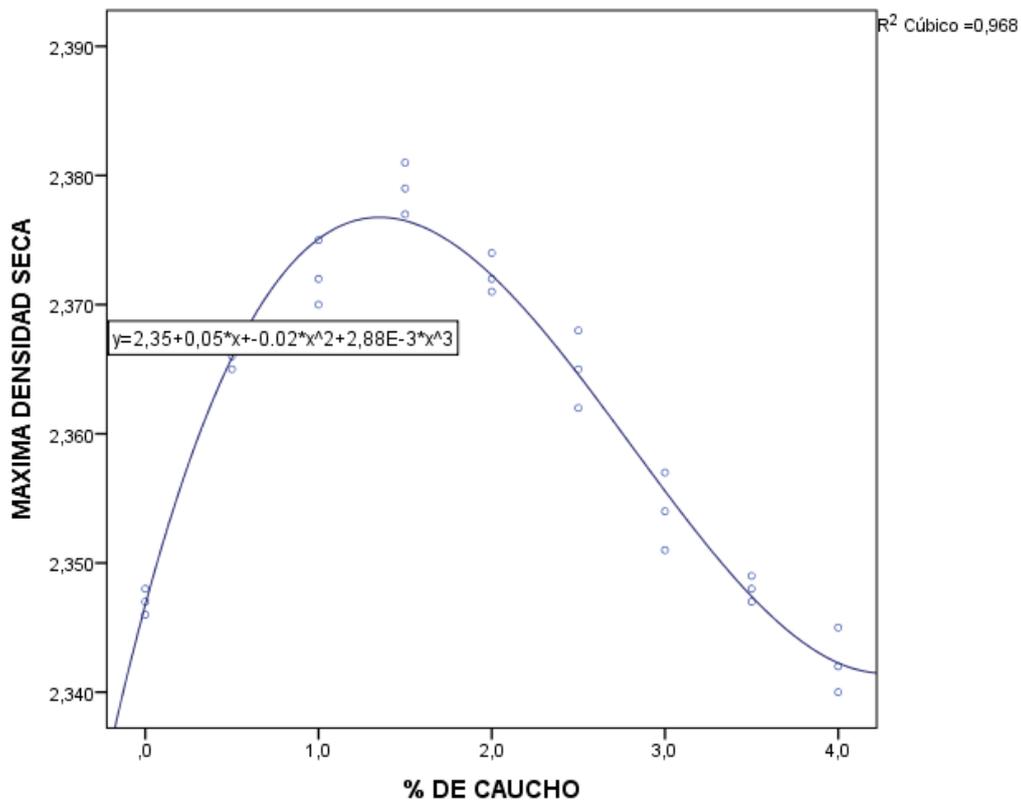
**Tabla 156: Correlación de Pearson entre %caucho y MDS**

**Correlaciones**

		% DE CAUCHO	MAXIMA DENSIDAD SECA
% DE CAUCHO	Correlación de Pearson	1	-,427*
	Sig. (bilateral)		,026
	N	27	27
MAXIMA DENSIDAD SECA	Correlación de Pearson	-,427*	1

Sig. (bilateral)	,026	
N	27	27

En la siguiente figura se muestra la línea tendencia de MDS en función al porcentaje de caucho adicionado, se obtuvo una ecuación con la que se podrá determinar la MDS en función al porcentaje de caucho. También se observa que el valor R es 0.968 el cual indica que la confiabilidad es alta por que se acerca a 1.



**Figura 111: Línea tendencia de la máxima densidad seca**

**Análisis de datos % caucho y optimo contenido de humedad**

**Tabla 157: Resumen de procesamiento de casos entre % caucho y OCH**

**Resumen de procesamiento de casos**

% DE CAUCHO	Casos	
	Total	
	N	Porcentaje

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	,0	3	100,0%
	,5	3	100,0%
	1,0	3	100,0%
	1,5	3	100,0%
	2,0	3	100,0%
	2,5	3	100,0%
	3,0	3	100,0%
	3,5	3	100,0%
	4,0	3	100,0%

En la siguiente tabla se observa el resumen estadístico donde se observa la media, mediana, desviación estándar a partir de los datos del optimo contenido de humedad obtenidas en el ensayo de proctor modificado.

**Tabla 158: Resumen estadístico de % caucho y OCH**

**Descriptivos**

% DE CAUCHO			Estadístico	Error estándar	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	,0	Media	5,3200	,01155	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,2703	
			Límite superior	5,3697	
		Mediana	5,3200		
		Varianza	,000		
		Desviación estándar	,02000		
		Mínimo	5,30		
		Máximo	5,34		
,5	Media	5,6033	,02028		
	Límite inferior	5,5161			

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	5,6906	
	Mediana		5,6000	
	Varianza		,001	
	Desviación estándar		,03512	
	Mínimo		5,57	
	Máximo		5,64	
1,0	Media		5,7100	,02082
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,6204	
		Límite superior	5,7996	
	Mediana		5,7000	
	Varianza		,001	
	Desviación estándar		,03606	
	Mínimo		5,68	
	Máximo		5,75	
1,5	Media		5,8233	,00882
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,7854	
		Límite superior	5,8613	
	Mediana		5,8200	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,01528	
	Mínimo		5,81	
	Máximo		5,84	
2,0	Media		5,7800	,01155
		Límite inferior	5,7303	

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	5,8297	
	Mediana		5,7800	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,02000	
	Mínimo		5,76	
	Máximo		5,80	
2,5	Media		5,7333	,01202
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,6816	
		Límite superior	5,7850	
	Mediana		5,7400	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,02082	
	Mínimo		5,71	
	Máximo		5,75	
3,0	Media		5,6500	,01732
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,5755	
		Límite superior	5,7245	
	Mediana		5,6500	
	Varianza		,001	
	Desviación estándar		,03000	
	Mínimo		5,62	
	Máximo		5,68	
3,5	Media		5,5567	,02028
		Límite inferior	5,4694	

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	5,6439	
	Mediana		5,5600	
	Varianza		,001	
	Desviación estándar		,03512	
	Mínimo		5,52	
	Máximo		5,59	
4,0	Media		5,4800	,01155
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	5,4303	
		Límite superior	5,5297	
	Mediana		5,4800	
	Varianza		,000	
	Desviación estándar		,02000	
	Mínimo		5,46	
	Máximo		5,50	

En la siguiente tabla se realizó el análisis de los datos para observar si siguen una distribución normal para el óptimo contenido de humedad.

**Tabla 159: Prueba de normalidad de %caucho y OCH**

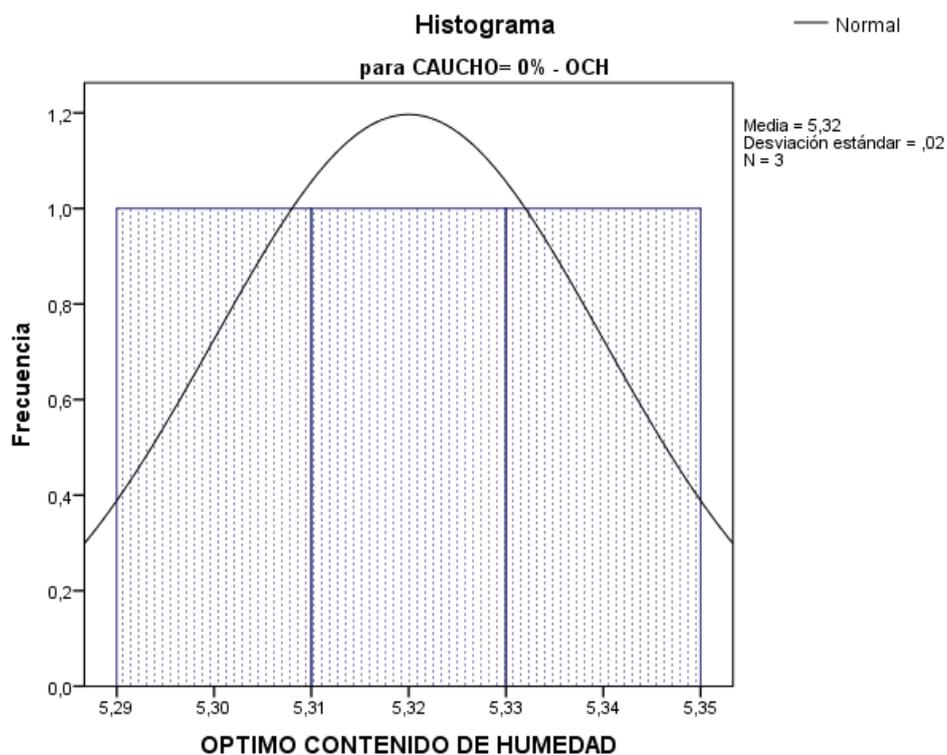
**Pruebas de normalidad**

		Shapiro-Wilk <sup>a</sup>	
		gl	Sig.
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	,0	3	1,000
	,5	3	,843
	1,0	3	,537
	1,5	3	,637
	2,0	3	1,000

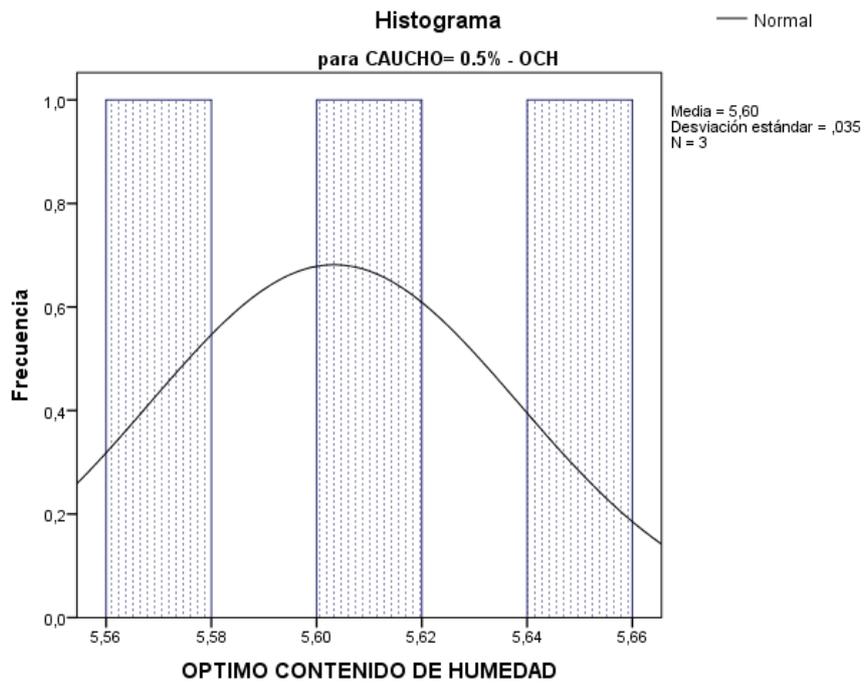
2,5	3	,463
3,0	3	1,000
3,5	3	,843
4,0	3	1,000

Se analizó mediante normalidad de Shapiro – Wilk debido a que la cantidad de datos es menor a 50. También podemos observar que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos por lo que podemos deducir que la distribución es normal en los datos de optimo contenido de humedad.

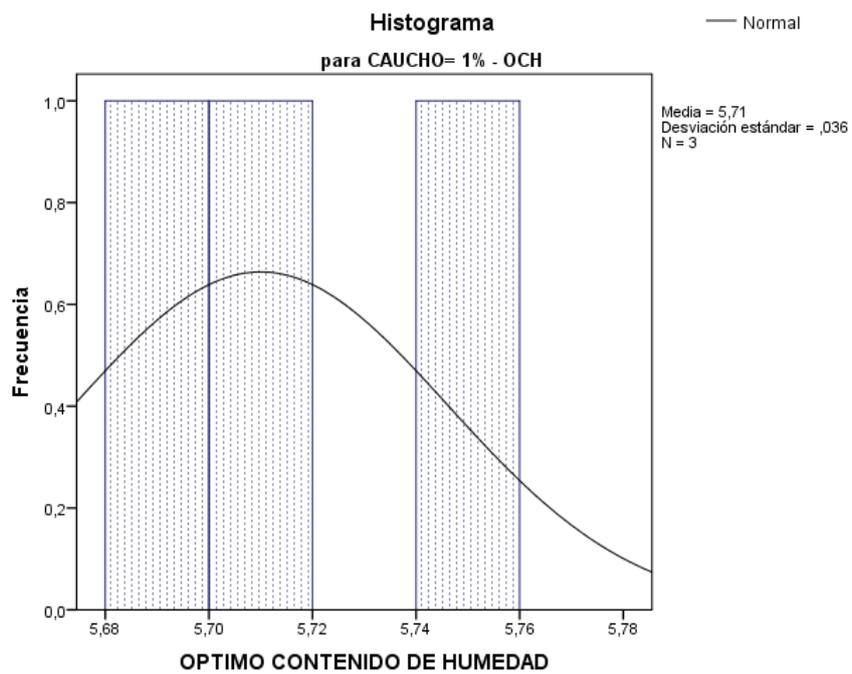
En la siguiente figura se observa la curva de normalidad y se observa la simetría de los datos de optimo contenido de humedad obtenidas en cada porcentaje de caucho añadido y ensayado.



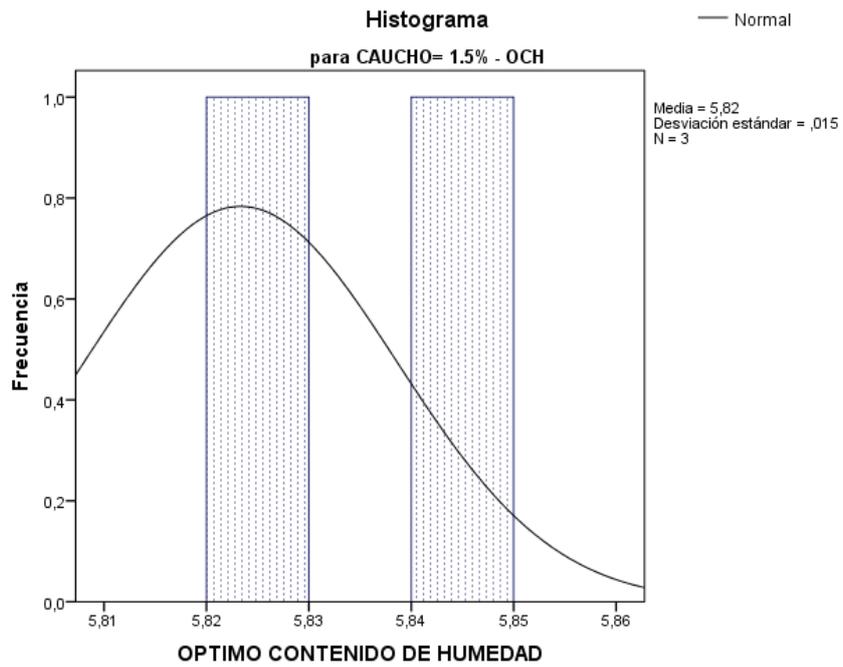
**Figura 112: Histograma caucho 0% y OCH**



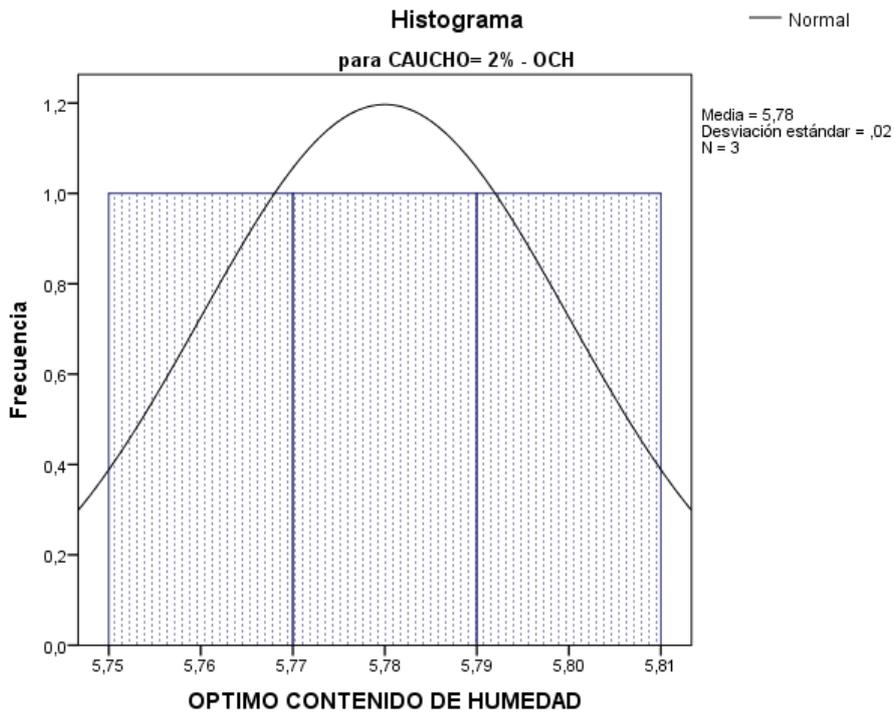
**Figura 113: Histograma caucho 0.5% y OCH**



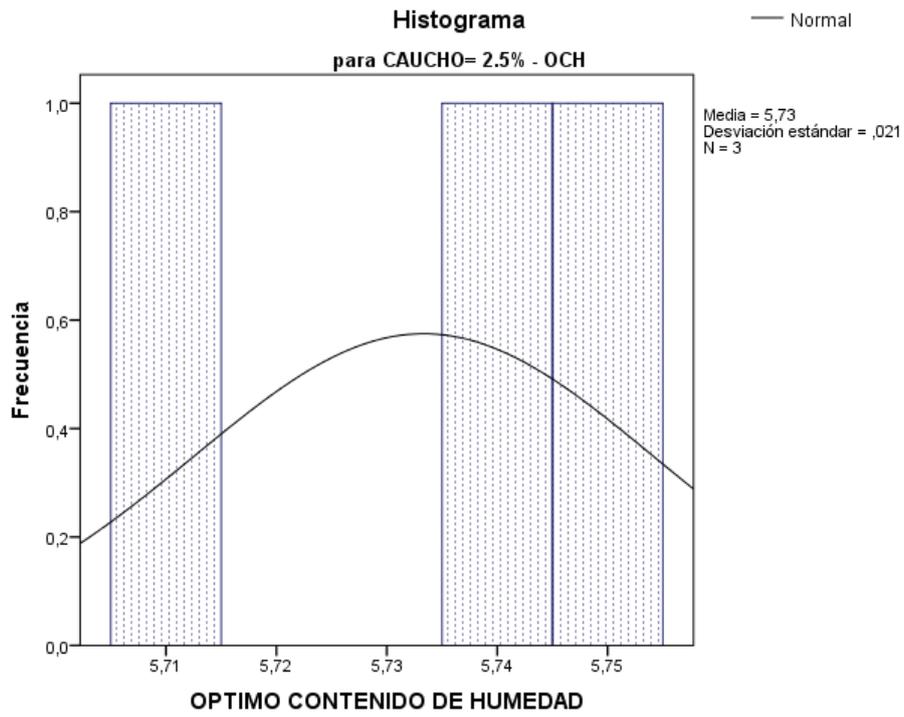
**Figura 114: Histograma caucho 1% y OCH**



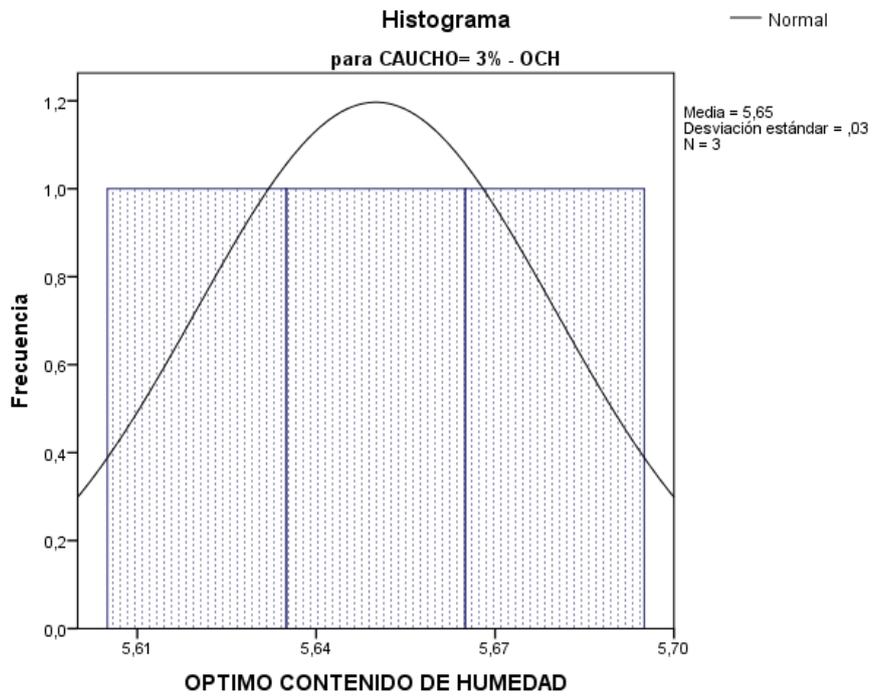
**Figura 115: Histograma caucho 1.5% y OCH**



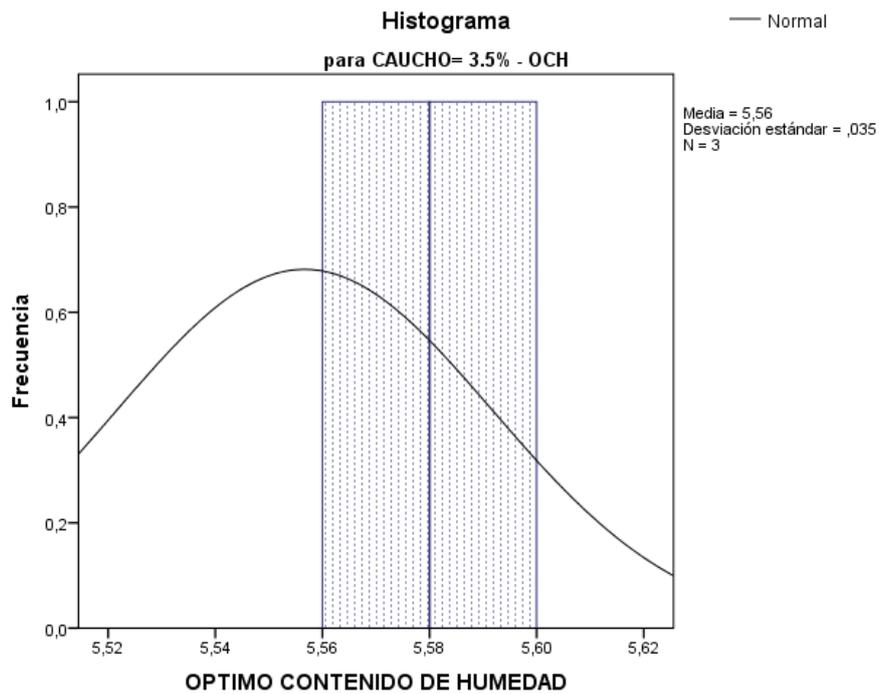
**Figura 116: Histograma caucho 2% y OCH**



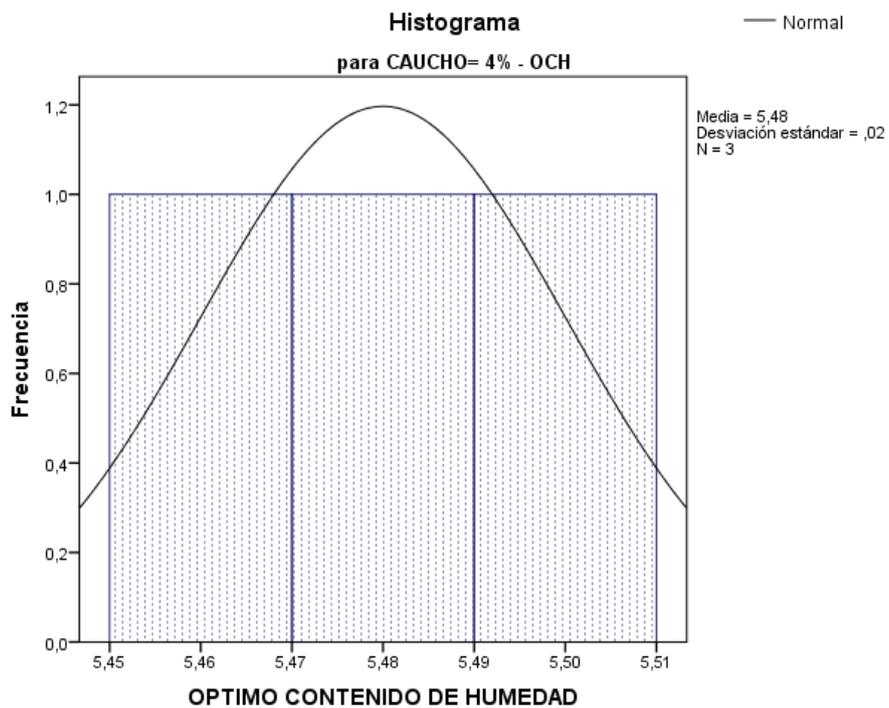
**Figura 117: Histograma caucho 2.5% y OCH**



**Figura 118: Histograma caucho 3% y OCH**



**Figura 119: Histograma caucho 3.5% y OCH**



**Figura 120: Histograma caucho 4% y OCH**

**Ho:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de % caucho y la OCH)

**Hi:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de % caucho y la OCH)

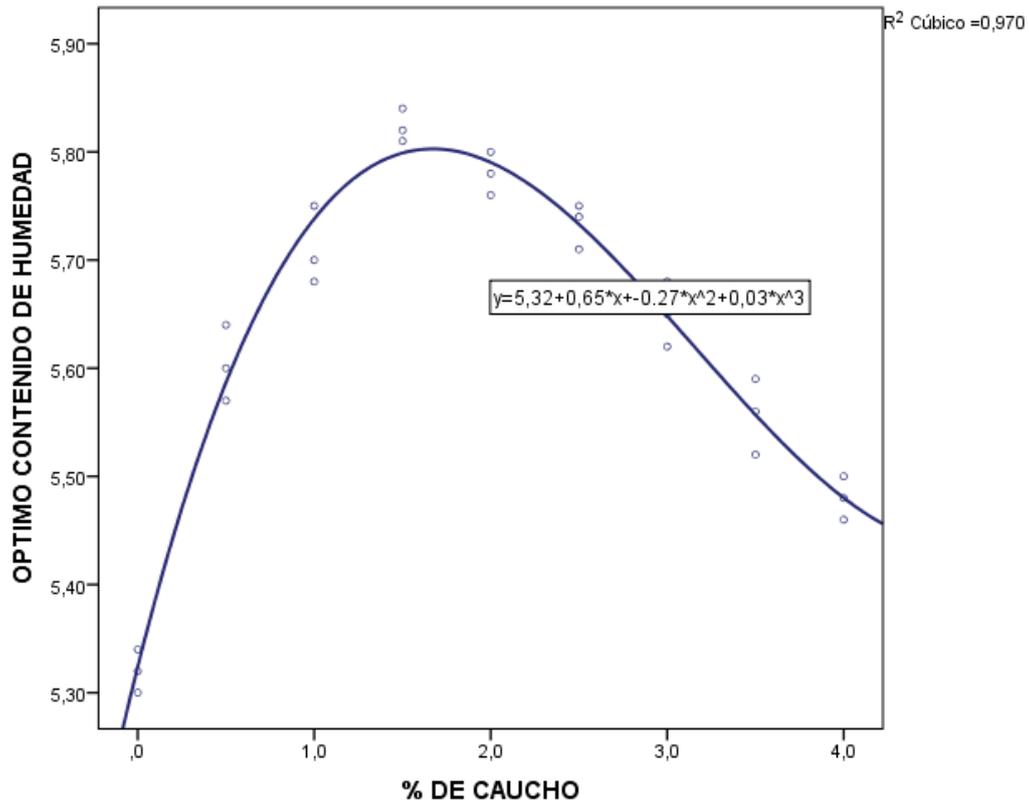
En la siguiente tabla se observa que la correlación de Pearson es diferente a 0 por lo que indica una correlación entre las variables.

**Tabla 160: Correlación de Pearson entre %caucho y OCH**

**Correlaciones**

		% DE CAUCHO	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD
% DE CAUCHO	Correlación de Pearson	1	,082
	Sig. (bilateral)		,683
	N	27	27
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	Correlación de Pearson	,082	1
	Sig. (bilateral)	,683	
	N	27	27

En la siguiente figura se muestra la línea tendencia del OCH en función al porcentaje de caucho adicionado, se obtuvo una ecuación con la que se podrá determinar la OCH en función al porcentaje de caucho. También se observa que el valor R es 0.970 el cual indica que la confiabilidad es alta por que se acerca a 1.



**Figura 121: Línea tendencia del OCH**

**Análisis de datos % caucho y CBR al 100% a 0.1"**

**Tabla 161: Resumen de procesamiento de casos entre %caucho y CBR al 100% a 0.1"**

**Resumen de procesamiento de casos**

	% DE CAUCHO	Casos
		Total
		Porcentaje
CBR AL 100%_0.1	,0	100,0%
	,5	100,0%
	1,0	100,0%
	1,5	100,0%
	2,0	100,0%
	2,5	100,0%
	3,0	100,0%

	3,5	100,0%
	4,0	100,0%

En la siguiente tabla se observa el resumen estadístico donde se observa la media, mediana, desviación estándar a partir de los datos de CBR al 100% a 0.1”

**Tabla 162: Resumen estadístico del CBR al 100% a 0.1”**

**Descriptivos**

% DE CAUCHO		Estadístico	Error estándar
CBR AL 100%_0.1	,0	Media	89,5800
		95% de intervalo de confianza para la media	
		Límite inferior	86,4164
		Límite superior	92,7436
		Mediana	89,4100
		Varianza	1,622
		Desviación estándar	1,27354
		Mínimo	88,40
		Máximo	90,93
,5		Media	95,3000
		95% de intervalo de confianza para la media	
		Límite inferior	84,4562
		Límite superior	106,1438
		Mediana	95,2500
		Varianza	19,055
		Desviación estándar	4,36521
		Mínimo	90,96
		Máximo	99,69
1,0		Media	103,4700
		Límite inferior	101,8778

	95% de intervalo de confianza para la media	Límite superior	105,0622	
	Mediana		103,5100	
	Varianza		,411	
	Desviación estándar		,64094	
	Mínimo		102,81	
	Máximo		104,09	
1,5	Media		125,2633	1,11273
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	120,4756	
		Límite superior	130,0510	
	Mediana		124,8900	
	Varianza		3,715	
	Desviación estándar		1,92731	
	Mínimo		123,55	
	Máximo		127,35	
2,0	Media		112,3567	1,40363
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	106,3173	
		Límite superior	118,3960	
	Mediana		112,2700	
	Varianza		5,911	
	Desviación estándar		2,43116	
	Mínimo		109,97	
	Máximo		114,83	
2,5	Media		106,2267	1,68030
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	98,9969	
		Límite superior	113,4564	
	Mediana		106,2800	

	Varianza		8,470	
	Desviación estándar		2,91037	
	Mínimo		103,29	
	Máximo		109,11	
3,0	Media		97,1400	,79171
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	93,7336	
		Límite superior	100,5464	
	Mediana		97,8400	
	Varianza		1,880	
	Desviación estándar		1,37128	
	Mínimo		95,56	
	Máximo		98,02	
3,5	Media		91,4467	,27703
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	90,2547	
		Límite superior	92,6386	
	Mediana		91,3100	
	Varianza		,230	
	Desviación estándar		,47983	
	Mínimo		91,05	
	Máximo		91,98	
4,0	Media		87,0633	1,11529
	95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	82,2646	
		Límite superior	91,8621	
	Mediana		87,6000	
	Varianza		3,732	
	Desviación estándar		1,93174	

	Mínimo	84,92	
	Máximo	88,67	

En la siguiente tabla se realizó el análisis de los datos para observar si siguen una distribución normal para el CBR al 100% a 0.1”.

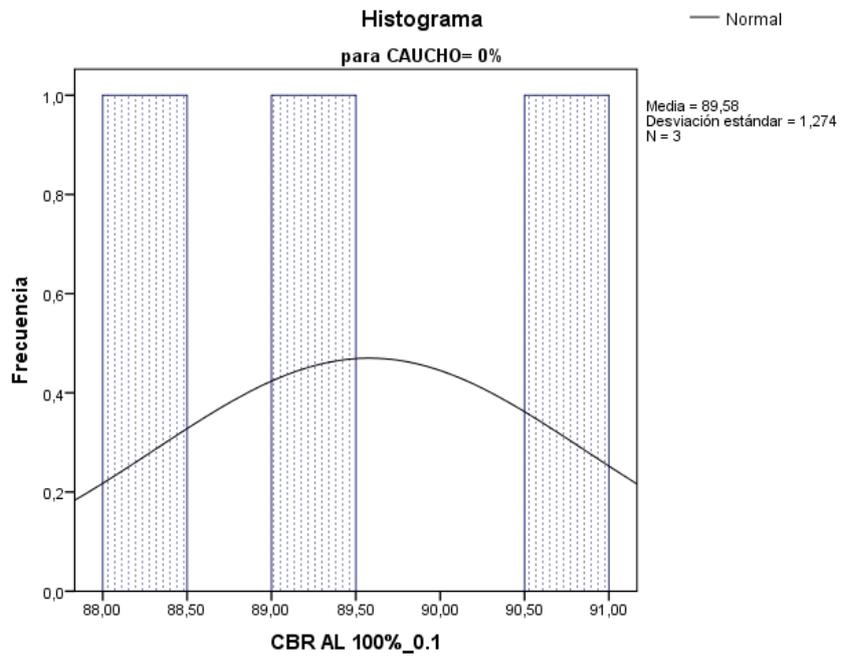
**Tabla 163: Prueba de normalidad del CBR al 100% a 0.1”**

**Pruebas de normalidad**

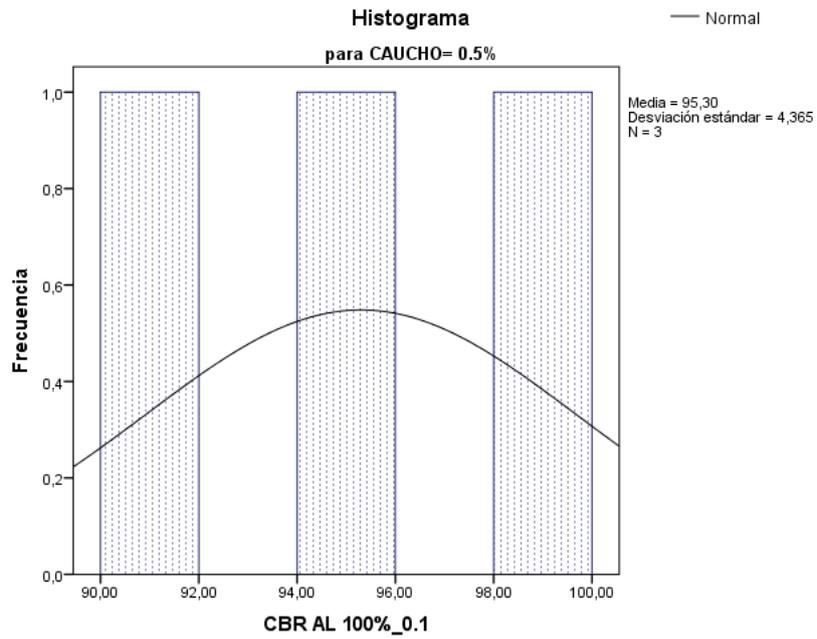
	% DE CAUCHO	Shapiro-Wilk <sup>a</sup>
		Sig.
CBR AL 100%_0.1	,0	,779
	,5	,981
	1,0	,897
	1,5	,678
	2,0	,941
	2,5	,970
	3,0	,125
	3,5	,524
	4,0	,536

Se analizó mediante normalidad de Shapiro – Wilk debido a que la cantidad de datos es menor a 50. También podemos observar que el nivel de significancia (sig) es mayor a 0.05 en todos los casos por lo que podemos deducir que la distribución es normal en el valor CBR al 100% a 1”.

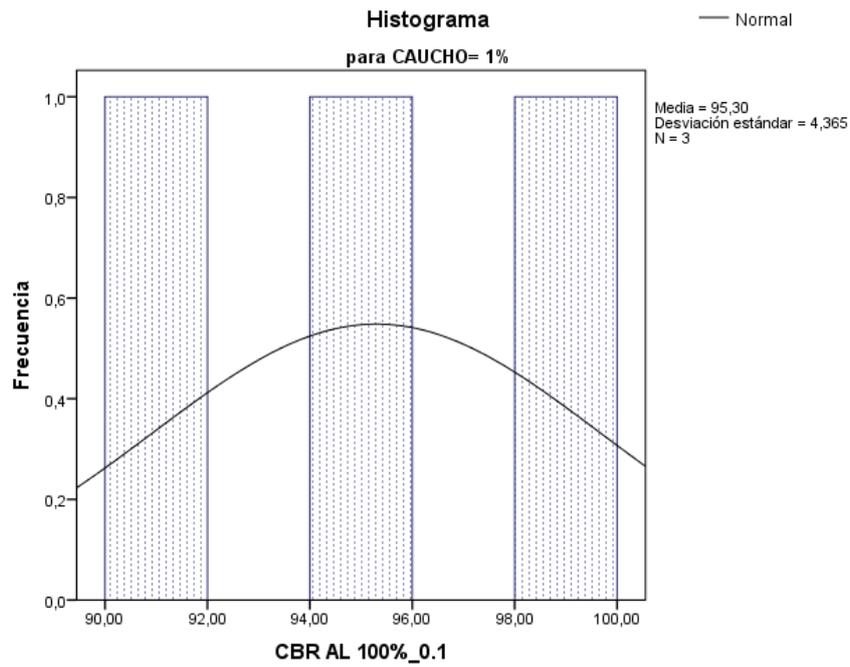
En la siguiente figura se observa la curva de normalidad y se observa la simetría de los datos del valor CBR al 100% a 1” obtenidas en cada porcentaje de caucho añadido y ensayado.



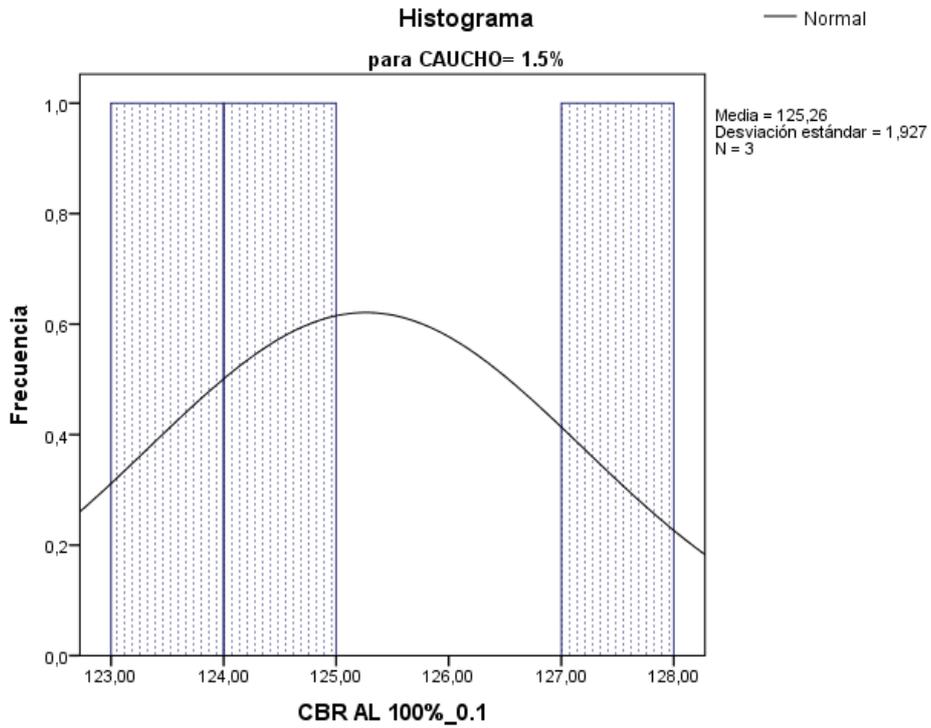
**Figura 122: histograma caucho 0% del CBR al 100% a 0.1''**



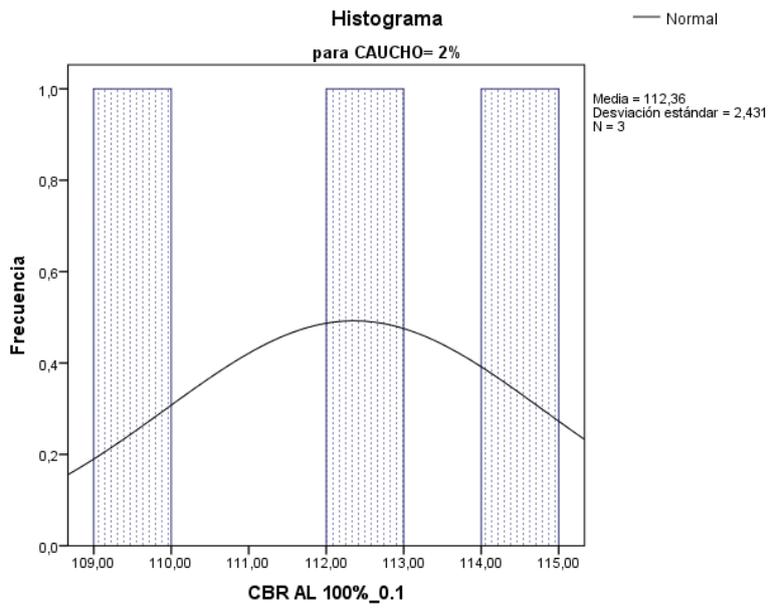
**Figura 123 histograma caucho 0.5% del CBR al 100% a 0.1''**



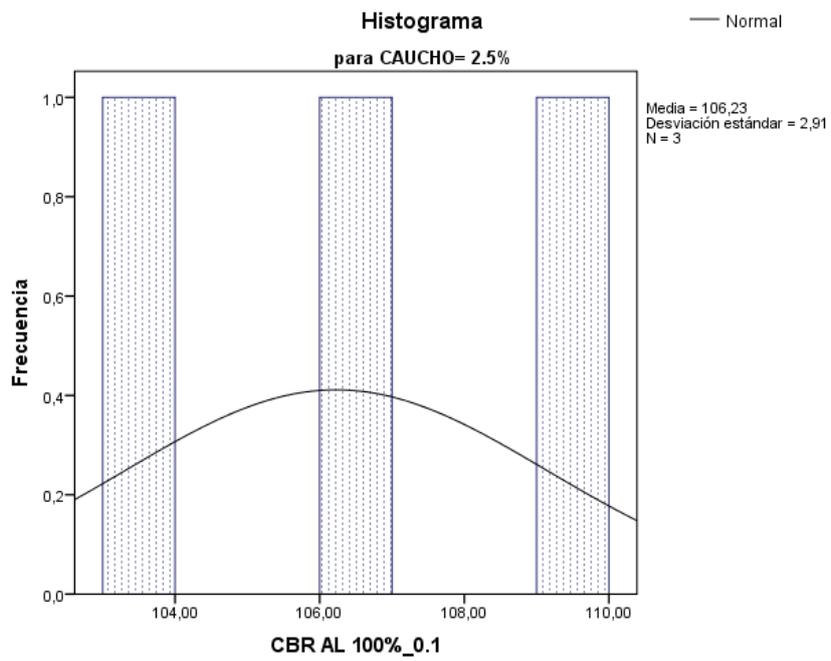
**Figura 124: histograma caucho 1% del CBR al 100% a 0.1''**



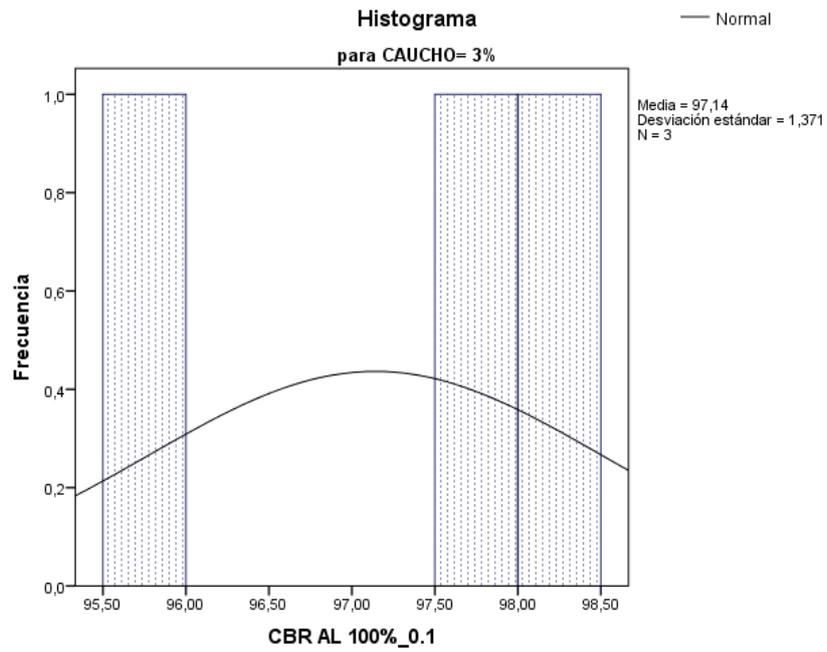
**Figura 125: histograma caucho 1.5% del CBR al 100% a 0.1''**



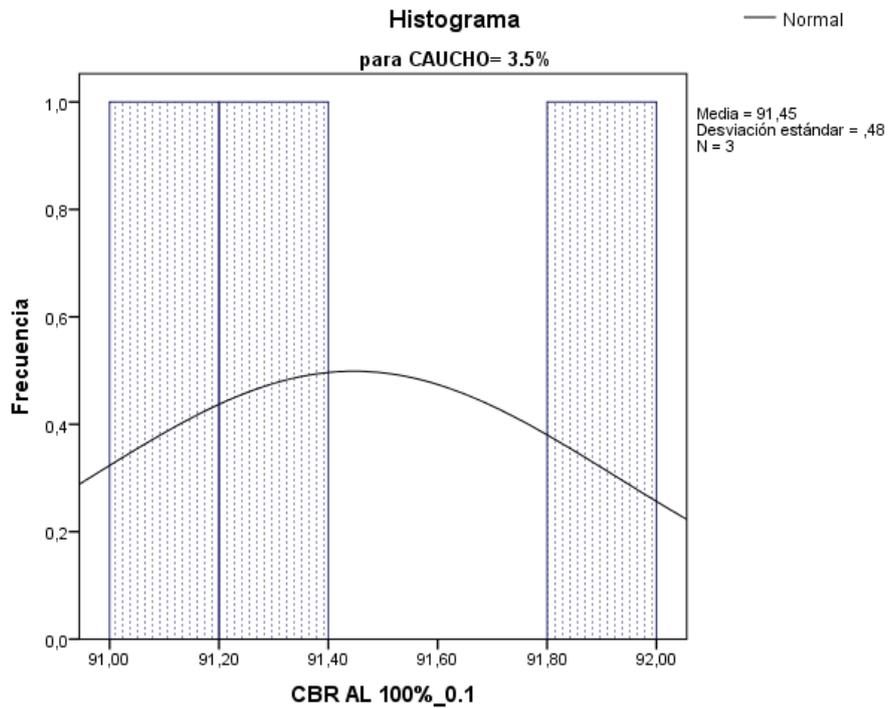
**Figura 126: histograma caucho 2% del CBR al 100% a 0.1"**



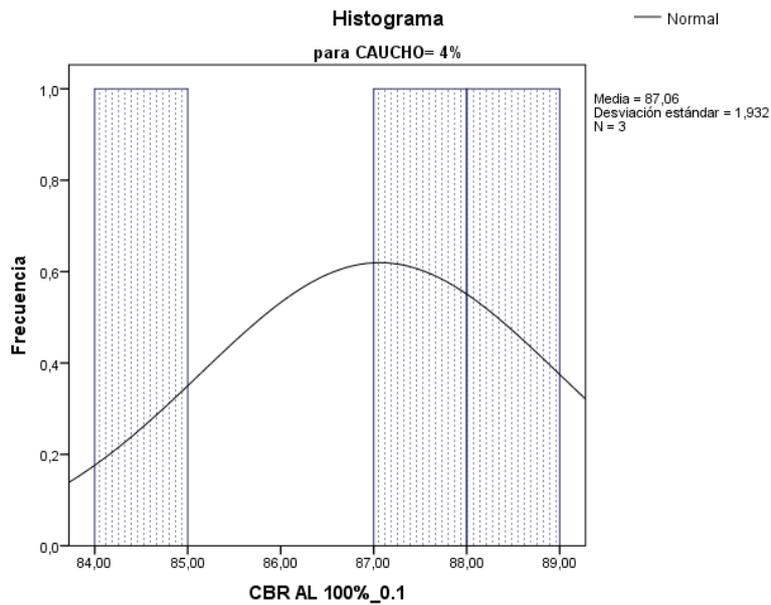
**Figura 127: histograma caucho 2.5% del CBR al 100% a 0.1"**



**Figura 128: histograma caucho 3% del CBR al 100% a 0.1"**



**Figura 129: histograma caucho 3.5% del CBR al 100% a 0.1"**



**Figura 130: histograma caucho 4% del CBR al 100% a 0.1"**

**Ho:**  $r = 0$  (No existe correlación entre el valor de % caucho y CBR al 100% a 0.1")

**Hi:**  $r \neq 0$  (Existe correlación entre el valor de % caucho y la CBR al 100% a 0.1")

En la siguiente tabla se observa que la correlación de Pearson es diferente a 0 por lo que indica una correlación entre las variables.

**Tabla 164: Correlación de Pearson entre % caucho y CBR al 100% a 0.1"**

**Correlaciones**

		% DE CAUCHO	CBR AL 100%_0.1
% DE CAUCHO	Correlación de Pearson	1	-,195
	Sig. (bilateral)		,329
	N	27	27
CBR AL 100%_0.1	Correlación de Pearson	-,195	1
	Sig. (bilateral)	,329	
	N	27	27

En la siguiente figura se muestra la línea tendencia del CBR al 100% a 0.1'' en función al porcentaje de caucho adicionado, se obtuvo una ecuación con la que se podrá determinar la CBR al 100% a 0.1'' en función al porcentaje de caucho. También se observa que el valor R es 0.769 el cual indica que la confiabilidad es media - alta por que se acerca a 1.

Finalmente observamos que el óptimo CBR obtenido se logra con la adición de 1.5% de caucho y que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones indican que el valor CBR para base granular es de 80% mínimo para un tráfico en ejes equivalente menor a 10000000 y CBR 100% para un tráfico equivalente mayor a 10000000.

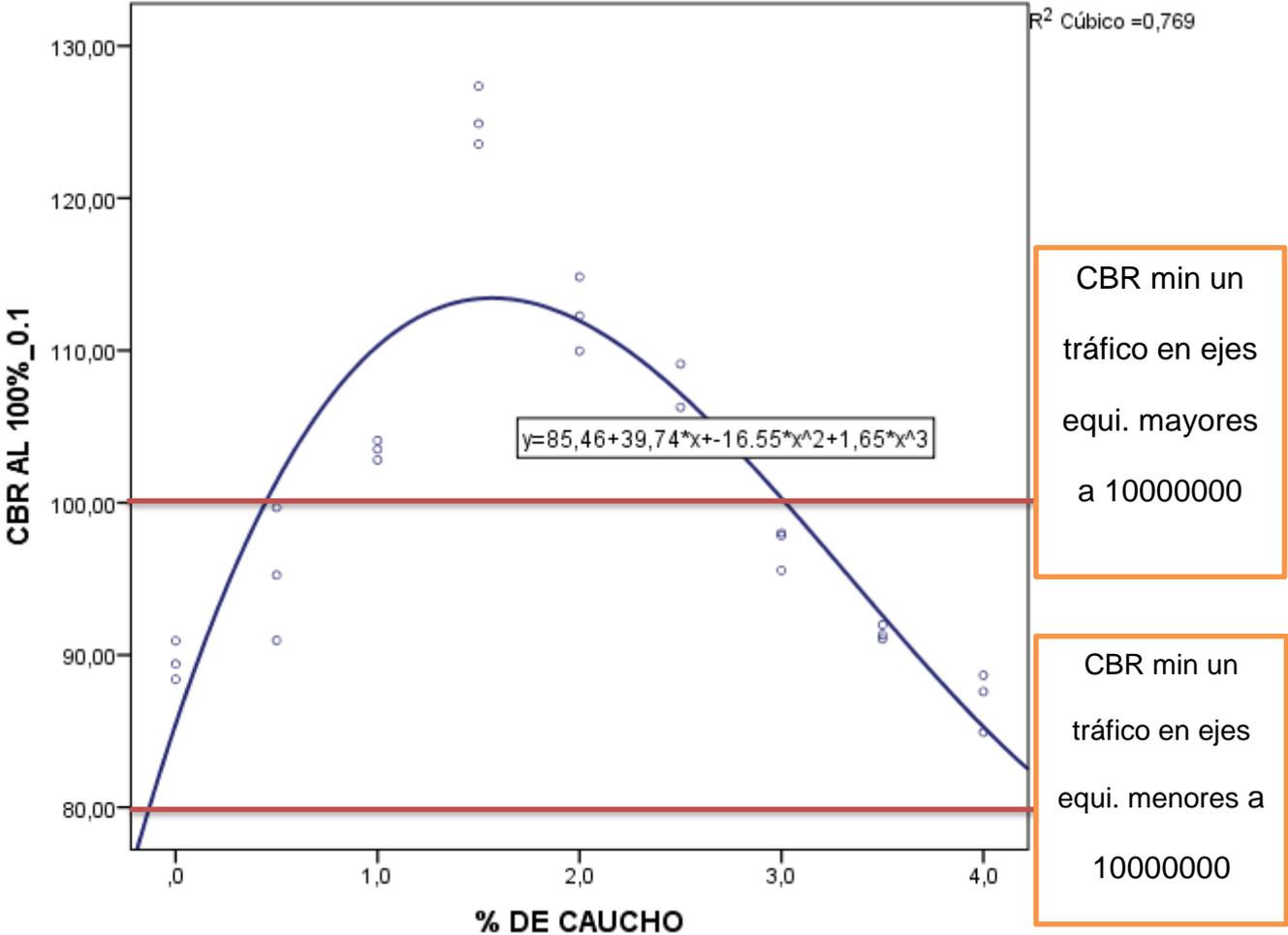


Figura 131: Línea tendencia del CBR al 100% a 0.1''

## CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. CONCLUSIONES

1. Se concluye que la fibra de caucho tallado tiene influencia en las propiedades mecánicas de la base granular tanto en la máxima densidad seca (MDS), óptimo contenido de humedad (OCH) y CBR; se observó que estos valores aumentaron en 1.36%, 9.46% y 39.89% respectivamente a MDS, OCH y CBR con respecto al material granular sin adición alguna, esto se logró cuando se adiciono 1.5% de caucho reciclado tallado.
2. La estabilización de suelos (Material granular) siempre está enfocado a encontrar una solución técnica y económica en carreteras, por ende, la utilización de este material reciclado es aplicable, ya que se obtiene una mejora en el material granular en un 39.89%, teniendo en cuenta el valor CBR. Por lo cual podemos concluir la estabilización con fibra de caucho reciclado tallado ofrece muchas ventajas (Costo, protección del medio ambiente, fácil obtención) en la estabilización de suelos frente a la utilización de otros métodos y materiales. Para la obtención de este material no es necesario equipos sofisticados ya que se puede obtener de manera manual como se hizo en el presente trabajo de investigación y por lo cual se podrá utilizar en lugares remotos y con bajos recursos económicos.
3. Al adicionar caucho reciclado al material granular de base granular este influye considerablemente resistencia (39.89%) en comparación con la resistencia que presentaba la muestra patrón sin adición de esta fibra; como se observa en la figura 122 y en la tabla 9 esto ocurre cuando se adiciona 1.5% de fibra de caucho reciclado tallado, pero consiguiente, los ensayos en laboratorio demuestran que al ir adicionando continuamente más porcentaje (%) de caucho, llega a su máximo CBR en 1.5% a 125.3 en promedio de adición de fibra de caucho tallado el cual es el tope, pero al seguir adicionando 2%, 2.5%, 3%, 3.5% y 4% se observa que empieza a descender hasta

obtenerse valores menores al del material en estado natural cuando se adiciona cantidades mayores a 4% de caucho reciclado tallado.

4. Los valores de 2.379, 2.381 y 2.377 los cuales son máximas densidades secas ensayadas por proctor modificado se obtiene al añadir 1.5% de fibra de caucho tallado al material granular como se observa en la tabla 9 lo cual concuerda con los valores máximos de CBR obtenidos. El contenido óptimo de humedad aumenta mientras más se añade la fibra de caucho hasta un tope en la adición de 1.5% de fibra de caucho para luego descender. El máximo valor obtenido de CBR al 100% a 0.1” de penetración representa una mejora de un 39.89% con respecto al material en estado natural.
5. Se observo que el coeficiente estructural del material aumento con respecto a la dosificación optima de caucho reciclado tallado, se obtuvo que con un CBR de 89.58%, el cual es el material sin adición, se obtuvo un coeficiente de 0.1415 y con un CBR de 125.26% el cual se obtiene con 1.5% de caucho reciclado tallado se obtuvo un coeficiente estructural de 0.156, lo cual se concluye que el CBR si influye en el coeficiente estructural.

## **5.2. RECOMENDACIONES**

1. El uso de materiales de reciclaje cada vez aumenta y en la actualidad representa un 51,7% según el informe cicloplast del 2017 y se espera que sea masivo para así poder reducir los problemas medioambientales que viene afectando a las generaciones presentes y futuras. Se recomienda hacer uso de este material “fibra de caucho “para mejorar la estabilización de la base, con la finalidad de prolongar la vida útil del pavimento, teniendo en consideración su disponibilidad, su costo y su fácil accesibilidad al material
2. Hacer investigaciones más exhaustivas, para poder disminuir los problemas que se encuentra en materiales como son las arenas y arcillas las cuales presentan una

capacidad de soporte muy bajo y aumentar las ventajas como el uso de un material no convencional reciclado y así cuidar el medio ambiente, ya que el aprovechamiento de este material “fibra de caucho reciclado” tendría como resultado una mejor resistencia que la base granular pueda presentar.

3. Se recomienda la investigación de la fibra de caucho con diferentes grados de compactación, ya que la compactación influye en las propiedades del suelo ya que al compactar se produce una densificación del suelo, disminuyendo su relación de vacíos, al adicionar fibra de caucho con diferentes tipos de compactación se podría obtener mejores resultados de los obtenidos en esta investigación, siempre teniendo en cuenta las proporciones con las que se logró el mejor resultado (1.5% de adición).
4. Se debe evaluar una propuesta económica realizando el diseño de un pavimento completo y observando su influencia en los espesores de cada capa así obtener una propuesta económica donde el costo sea el menor.
5. Ya que la base es una capa donde suele dar paso al tráfico antes de la colocación de la carpeta asfáltica, se debe evaluar los posibles efectos que puede ocasionar esto en los valores obtenidos en laboratorio comparados en campo, se debe evaluar mediante los ensayos in-situ (Cono de arena y CBR).
6. Se recomienda para minimizar costos en producción de fibra de caucho reciclado para la estabilización de bases granulares, se realiza de manera industrial con un costo de s/10.89 soles por un 1 m<sup>3</sup> y de manera manual con un costo de s/264.00 soles por 1m<sup>3</sup>. Lo cual tendremos ahorros significativos en el procesado de fibra de caucho de manera industrial.

## REFERENCIA BIBLIOGRAFICA

1. **GUZMAN ORDOÑEZ, GONZALO ANDRES y VERA PELAEZ, TANIA MARICELA. 2013.** “ESTUDIO DEL INTERCAMBIO DE AGUA SUPERFICIAL Y AGUA. Cuenca : s.n., 2013.
2. **ABARCA HUAMAN, LUIS EDGARDO. 2013.** “DISEÑO HIDRÁULICO DEL CANAL DE DISIPACIÓN QUE CONECTA. Lima : s.n., 2013.
3. **Acurio, Menendez. 2009.** 2009.
4. **Badillo, Juarez y Rodriguez, Rico. 2005.** Mecanica de Suelos tomo 1 Fundamentos de la Mecanica de Suelos. Mexico : s.n., 2005.
5. **Borja S., Manuel. 2012.** Metodologia de la investigacion cientifica para ingenieros. Chiclayo : s.n., 2012.
6. **Braja M., Das. 2008.** Fundamentos de Ingenieria Geotecnica. 2008.
7. **Braja M., Daz. 2008.** Mecanica de suelos avanzada. 2008.
8. **Brown. 1996.** 1996.
9. **Castillo Jofré, Paulo , Guerman Rodríguez, Franz y Jamett Quezada, Esteban . 2014.** VIBROFLOTACIÓN COMO MÉTODO DE MEJORAMIENTO DE SUELOS. Chile, 2014.
10. **Comunicaciones, Ministerio de Transporte y. 2013b.** Direccion General de Caminos y Ferrocarriles. 2013b.
11. **Comunicaciones, Ministerio de Transportes y.** Manual de carreteras - Especificaciones tecnicas generales para construccion - EG -2013.
12. —. **2016.** Manual de ensayo de materiales. 2016.

13. **Comunicaciones, Secretaria de Transportes y. 2006.** Coordinacion de Infraestructura del Instituto Mexicano del Transporte. Mexico : s.n., 2006.
14. **De La Pared Condo, Daniel. 2017.** "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO MEDIANTE ADICIONES DE CAUCHO RECICLADO". Guayaquil , Ecuador : s.n., 2017.
15. **Diaz Claros, Cesar Mauricio y Castro Celis, Liliana Carolina. 2017.** IMPLEMENTACIÓN DEL GRANO DE CAUCHO RECICLADO (GCR). Bogota : s.n., 2017.
16. **ECI, Ing. Henry A. Vergara B.-.** monografias.com. [En línea] <http://www.monografias.com/trabajos13/pafle/pafle.shtml>.
17. **Laica Moposita, Juan Gabriel. 2016.** INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN. Ambato - Ecuador : s.n., 2016.
18. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013.** Especificaciones Tecnicas Generales para Construccion EG 2013. 2013.
19. —. **2016.** Manual de ensayo de materiales. 2016.
20. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles. 2013a.** 2013a.
21. **Montejo Fonseca . 2010.** 2010.
22. **Muelas, s.f.** Perfil de Meteorización, Según diversas fuentes.
23. **Rico A Del Catillo. 2005.** 2005.
24. **UGAZ PALOMINO, ROXANA MARIA. 2006.** Estabilizacion de suelos. Lima - Peru : s.n., 2006.

25. **Vargas Monge, William.**

26. **INGENERSUN.** <https://ingenersun.com/>. 2018.

27. **INEI.** Flujo Vehicular por Unidades de Peaje. 2018.

28. **ZULUAGA ANGEL, DIEGO FERNANDO . 2005.** EL USO DE LA CAL EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS DERIVADOS DE CENIZAS VOLCÁNICAS (ANDOSOLES). UN CASO PARTICULAR. Colombia : s.n., 2005.

ANEXOS

CERTIFICADOS DE ENSAYOS



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

<b>TEMA</b>	TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE : GRANULAR	
<b>PROVINCIA</b>	: HUANCAYO	<b>DEPARTAMENTO</b> : JUNIN
<b>CLIENTE</b>	: Christopher Emerson Lapa : Ramos	<b>FECHA</b> : 18-03-18
<b>CANTERA</b>	: CHUPURO	
<b>MUESTRA</b>	: M - 1	<b>REVISADO POR</b> : ING. MILLER RODRIGUEZ



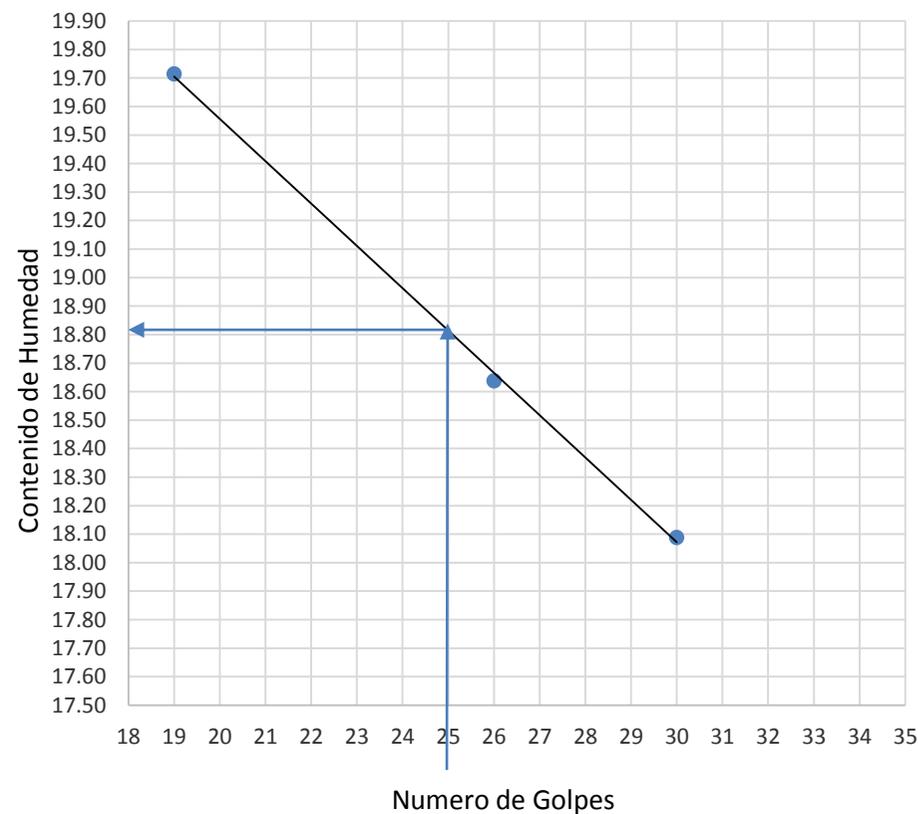
	LIMITE PLASTICO (MTC E 111)		HUM. NAT. (MTC E 108)
	T-01	T-02	T-01
Capsula Nro.			
Peso de la Capsula (g)	36.70	38.10	51.9
Peso de la Capsula+Suelo Húmedo (g)	<b>49.10</b>	<b>50.9</b>	<b>1144.6</b>
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	<b>47.30</b>	<b>49.00</b>	<b>1009.5</b>
Peso del Agua (g)	1.80	1.90	135.1
Peso del Suelo Seco (g)	10.60	10.90	957.6
Contenido de Humedad (%)	16.98	17.43	14.11
<b>PROMEDIO</b>	<b>17.21</b>		<b>14.11</b>

	LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)		
	25	25	25
Capsula Nro.	<b>25</b>	<b>25</b>	<b>25</b>
Peso de la Capsula (g)	56	52.5	52.5
Peso de la Capsula+Suelo Húmedo (g)	114.90	118.70	110.60
Peso de la Capsula+Suelo Seco (g)	105.20	108.3	101.70
Numero de Golpes	<b>19</b>	<b>26</b>	<b>30</b>
Peso del agua (g)	9.7	10.40	8.90

**CONSTANTES FÍSICAS**

**LIMITE LIQUIDO : 18.8      LIMITE PLÁSTICO : 17.2      IND. PLASTICIDAD 2**

Gráfico de Límite Líquido



Peso del Suelo Seco (g)	49.2	55.8	49.20
Contenido de Humedad (%)	<b>19.72</b>	<b>18.64</b>	<b>18.09</b>

**Observaciones:**

- MATERIAL  
NATURAL.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO:** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS

**FECHA:** 19/03/2018

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

**MTC E 116**

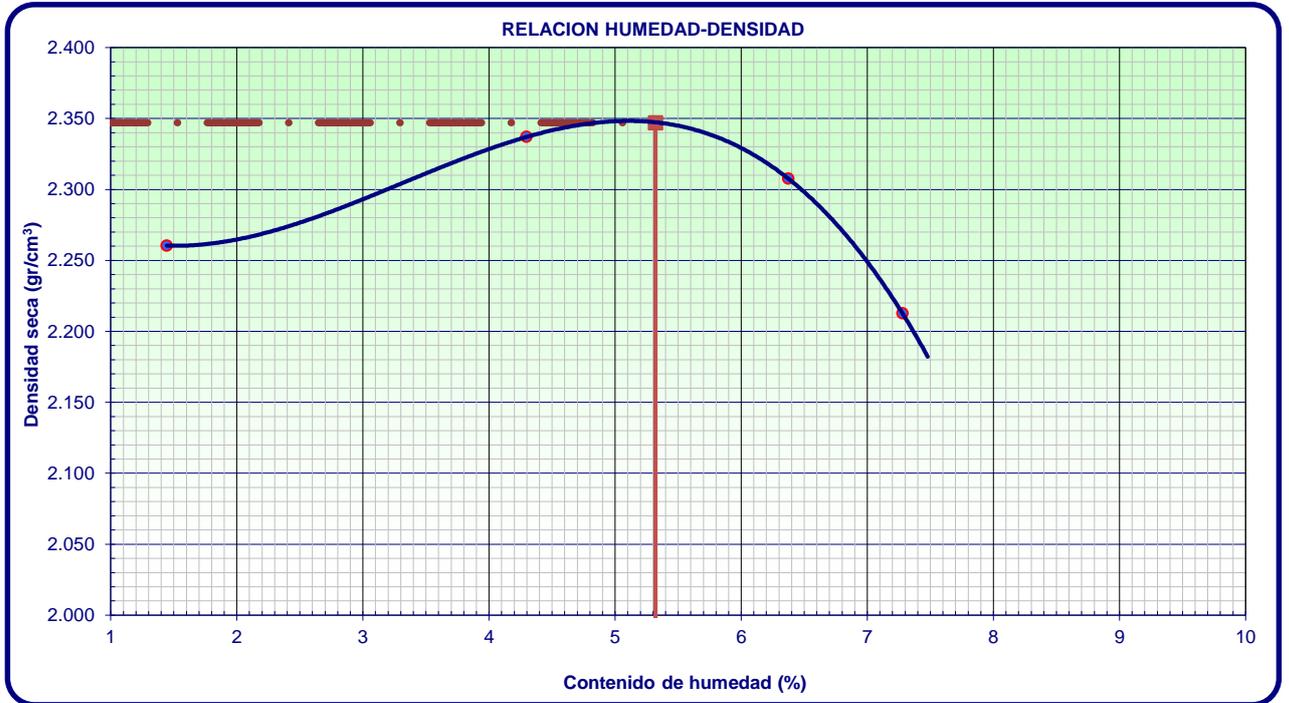
**CANTERA:** CHUPURO

**APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11271	11572	11608	11439	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4781	5082	5118	4949	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.293	2.437	2.455	2.374	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	358.3	354.8	378.5	312.9	
Peso del suelo seco + tara	gr.	354.0	342.3	359.3	295.0	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	4.3	12.5	19.2	17.9	
Peso del suelo seco	gr.	297.7	290.9	301.2	245.9	
Contenido de agua	%	1.4	4.3	6.4	7.3	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.260	2.337	2.308	2.213	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.34 7

Humedad óptima (%)	5.32
	0



**Observaciones**

:

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI  
A** : HUANCAYO

**DEPARTAMENTO** : JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA** : 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA**  
:  
CHUPURO

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.347 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.32 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12986</b>	<b>12723</b>	<b>12772</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5152	4974	4841
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.438	2.354	2.285
Humedad	(%)	5.670	5.590	5.710
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.307</b>	<b>2.229</b>	<b>2.162</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>358.30</b>	<b>341.20</b>	<b>389.30</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>341.90</b>	<b>326.10</b>	<b>371.00</b>
Peso del Agua	(g)	16.40	15.10	18.30
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	289.30	269.90	320.40
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.67</b>	<b>5.59</b>	<b>5.71</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL		EXPANSION N		DIAL		EXPANSION N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	144.7			<b>0.64</b>	139.2			<b>0.64</b>	93.5		
0.050		<b>1.27</b>	377.4			<b>1.27</b>	296.8			<b>1.27</b>	136.4		
0.075		<b>1.91</b>	610.2			<b>1.91</b>	416.6			<b>1.91</b>	178.7		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	752.3	752.30	75.2	<b>2.54</b>	446.2	446.20	44.6	<b>2.54</b>	181.8	181.80	18.2

0.125		<b>3.18</b>	1105.3			<b>3.18</b>	717.9			<b>3.18</b>	249.3		
0.150		<b>3.81</b>	1338.3			<b>3.81</b>	857.4			<b>3.81</b>	349.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1555.1	1555.1 0	103. 7	<b>5.08</b>	977.4	977.40	65.2	<b>5.08</b>	388.5	388.50	25.9
0.300		<b>7.62</b>	2619.6			<b>7.62</b>	1409. 2			<b>7.62</b>	462.1		
0.400		<b>10.16</b>	3366.3			<b>10.16</b>	1725. 1			<b>10.16</b>	548.8		
0.500		<b>13</b>	3782.4			<b>13</b>	1932. 5			<b>13</b>	606.2		



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER

:

RODRIGUEZ

**MUESTRA :**

**APROBADO**

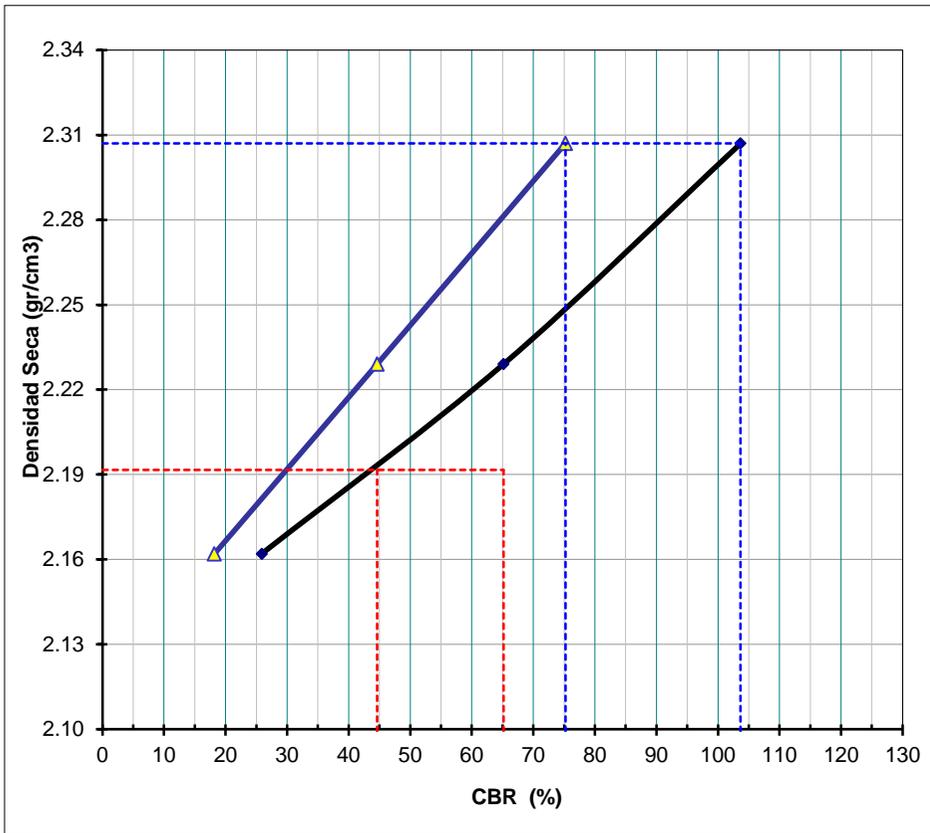
ING. MILLER

**POR :**

RODRIGUEZ

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>90.9</b>	<b>0.2":</b>	<b>123.4</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>44.9</b>	<b>0.2":</b>	<b>65.5</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.347	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	5.32	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL  
NATURAL

---



---



---

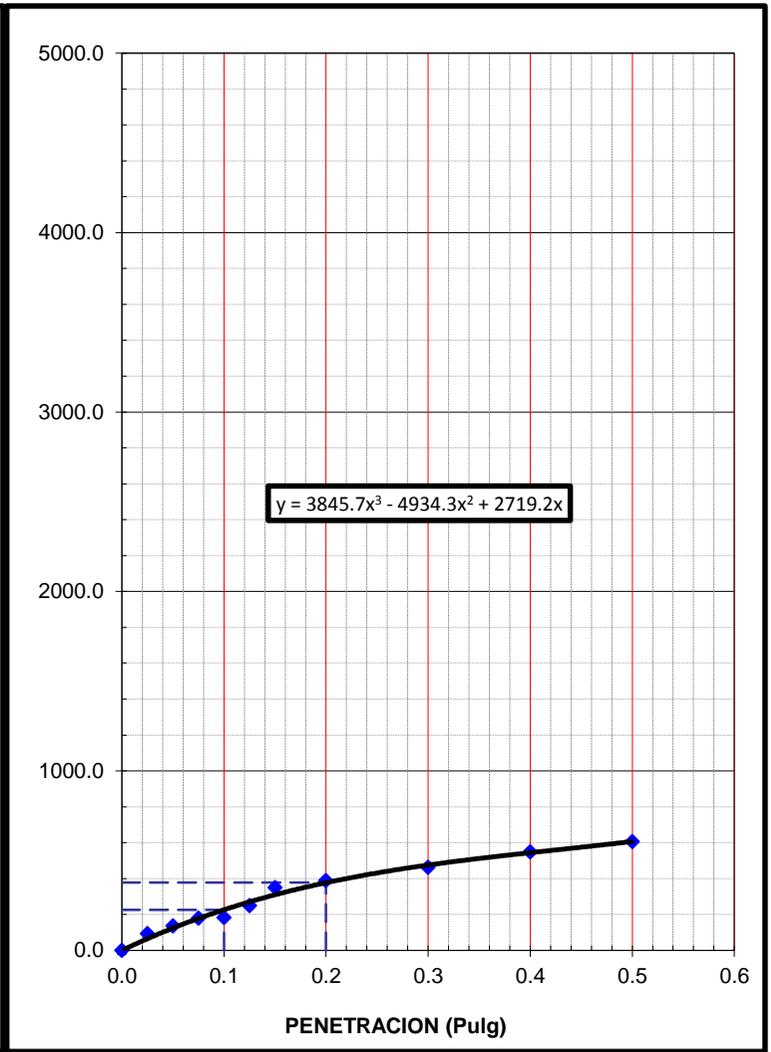
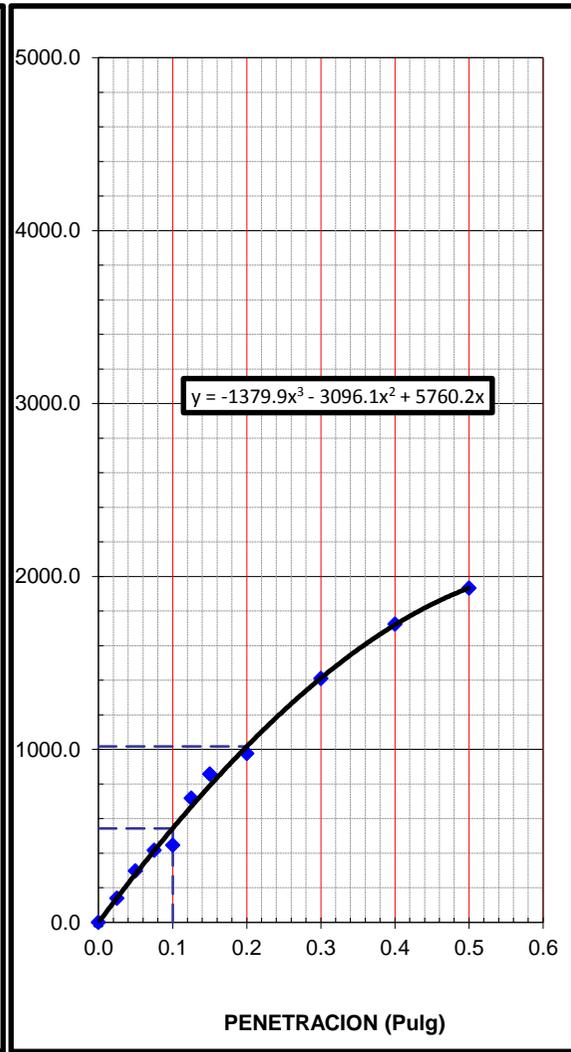
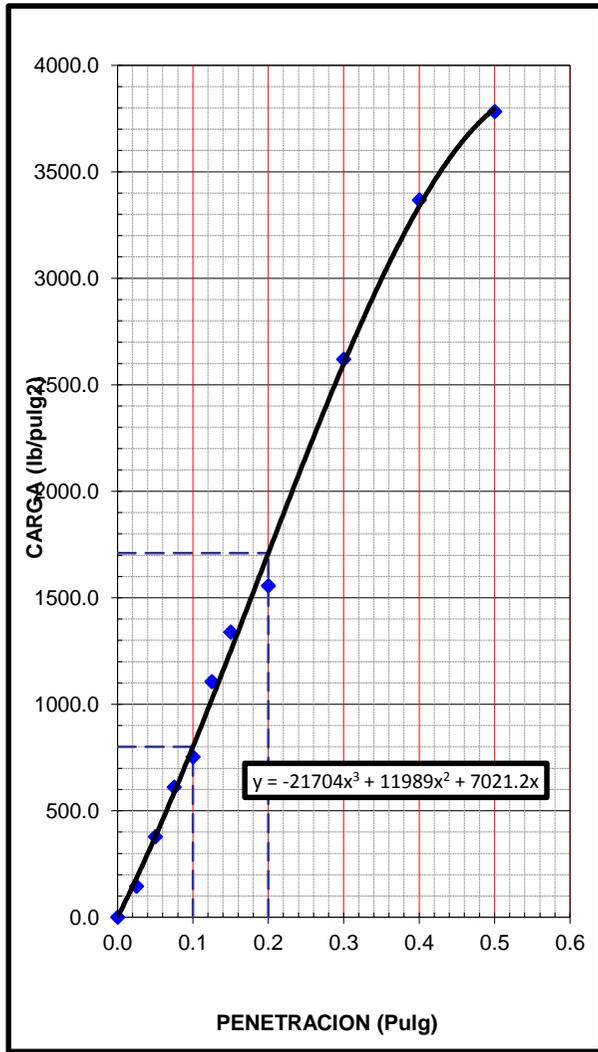


---

**EC = 56 GOLPES**

**EC = 25 GOLPES**

**EC = 10 GOLPES**



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNIN  
**CLIENTE:** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

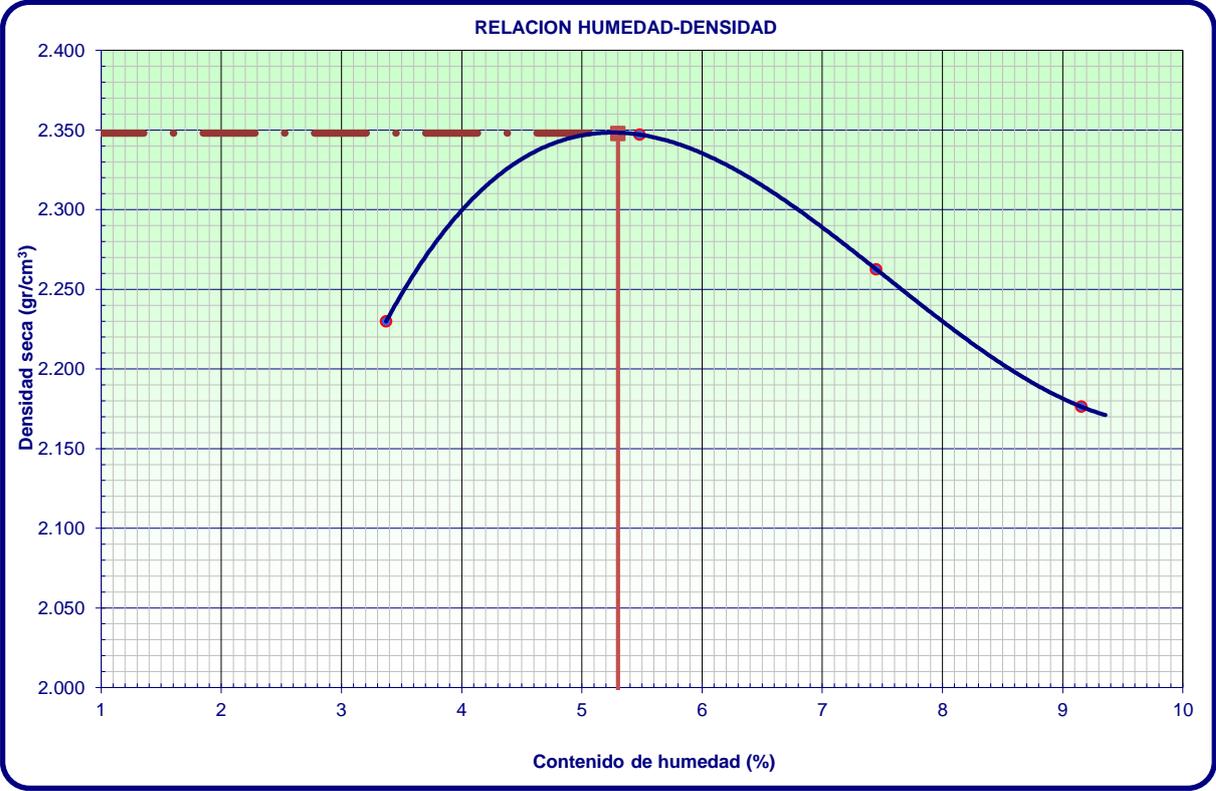
**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11296	11652	11559	11443	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4806	5162	5069	4953	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.305	2.476	2.431	2.376	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	307.7	330.4	368.3	342.4	
Peso del suelo seco + tara	gr.	299.5	315.9	346.8	317.8	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	8.2	14.5	21.5	24.6	
Peso del suelo seco	gr.	243.2	264.5	288.7	268.7	
Contenido de agua	%	3.4	5.5	7.4	9.2	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.230	2.347	2.263	2.176	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.348

Humedad óptima (%)	5.30
	0



**Observaciones**

:

MUESTRA ENSAYO 2

---

---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA**  
:  
CHUPURO

**MUESTRA**  
:  
M - 2

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.348 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.30 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12996</b>	<b>12721</b>	<b>12778</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5162	4972	4847
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.443	2.353	2.287
Humedad	(%)	5.440	6.180	6.350
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.317</b>	<b>2.216</b>	<b>2.150</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>287.10</b>	<b>253.80</b>	<b>352.20</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>275.00</b>	<b>242.30</b>	<b>334.20</b>
Peso del Agua	(g)	12.10	11.50	18.00
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	222.40	186.10	283.60
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.44</b>	<b>6.18</b>	<b>6.35</b>

EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMP O Hr.	DIAL	EXPANSIO N		DIAL	EXPANSIO N		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
		0											
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>										
		48											
		72											
		96											
		96											

PENETRACION													
PENETRACION	CARG A STAND . lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	138.9			<b>0.64</b>	115.7			<b>0.64</b>	74.6		
0.050		<b>1.27</b>	367.4			<b>1.27</b>	292.8			<b>1.27</b>	125.4		
0.075		<b>1.91</b>	600.3			<b>1.91</b>	394.6			<b>1.91</b>	155.3		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	785.6	785.60	78.6	<b>2.54</b>	432.2	432.20	43.2	<b>2.54</b>	170.8	170.80	17.1

0.125		<b>3.18</b>	1091.8			<b>3.18</b>	717.8			<b>3.18</b>	225.3		
0.150		<b>3.81</b>	1323.3			<b>3.81</b>	835.4			<b>3.81</b>	331.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1550.1	1550.1 0	103. 3	<b>5.08</b>	956.3	956.30	63.8	<b>5.08</b>	383.5	383.50	25.6
0.300		<b>7.62</b>	2612.6			<b>7.62</b>	1406. 2			<b>7.62</b>	454.8		
0.400		<b>10.16</b>	3359.3			<b>10.16</b>	1707. 1			<b>10.16</b>	534.8		
0.500		<b>13</b>	3760.9			<b>13</b>	1923. 1			<b>13</b>	588.5		



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** : TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA** : HUANCAYO **DEPARTAMENTO** : JUNIN

**CLIENTE** : CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS **FECHA** : 02-04-18

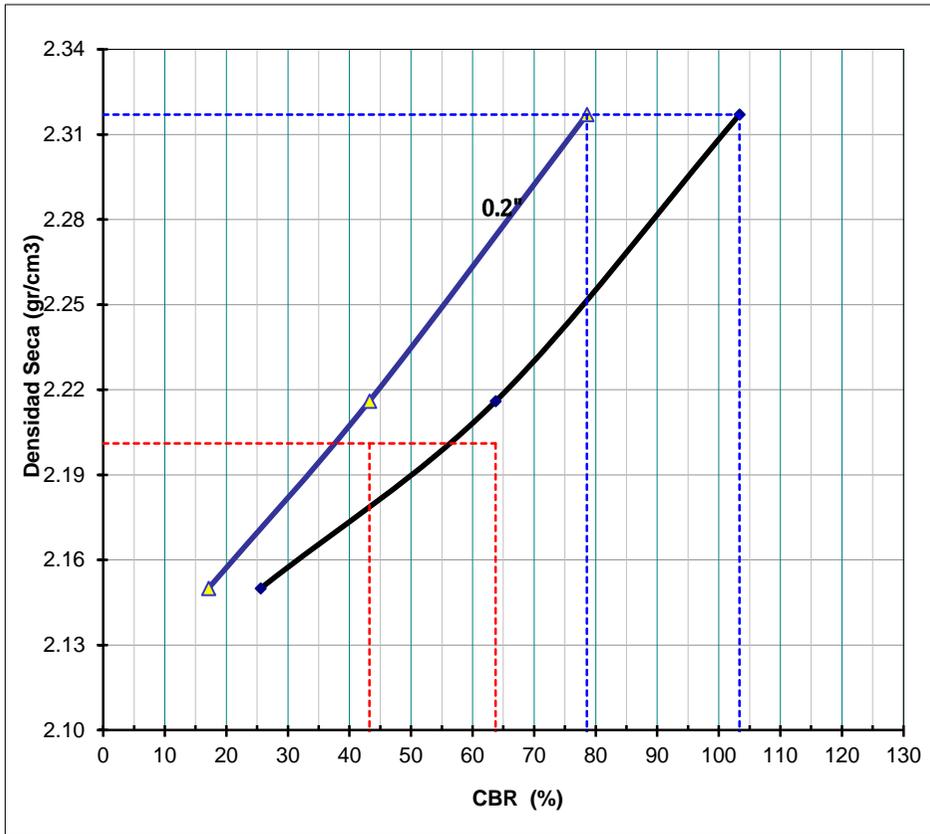
**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** : CHUPURO **HECHO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA** : 2 **APROBADO** : ING. MILLER  
**POR :** RODRIGUEZ

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>89.4</b>	<b>0.2":</b>	<b>115.5</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>48.3</b>	<b>0.2":</b>	<b>69.5</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.348	g/cm3
Optimo Humedad	5.30	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL  
NATURAL

---



---



---

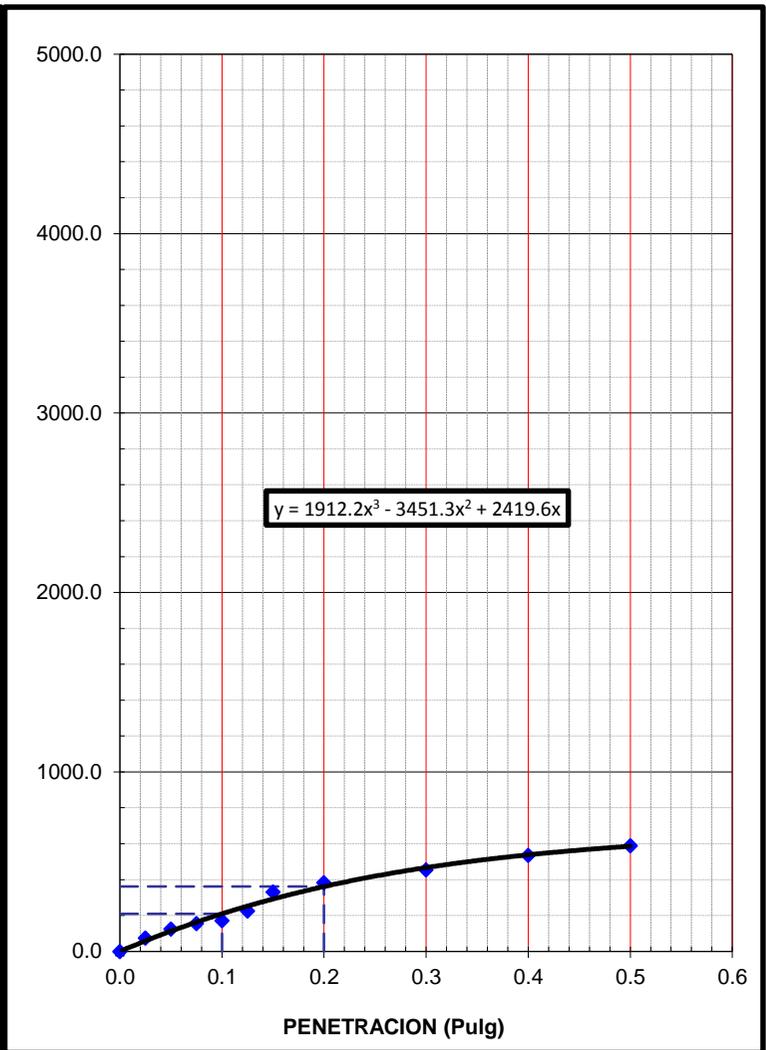
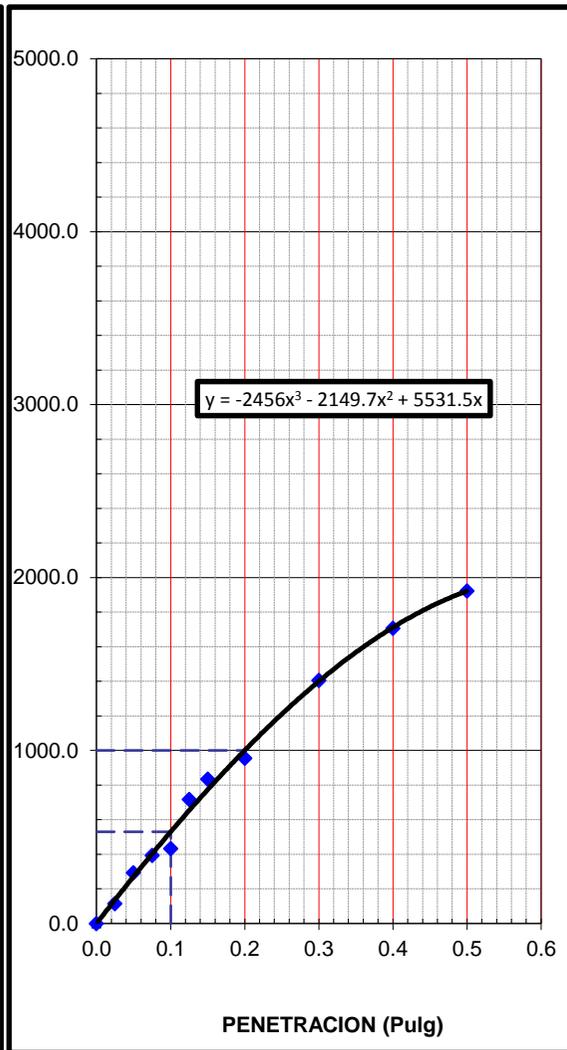
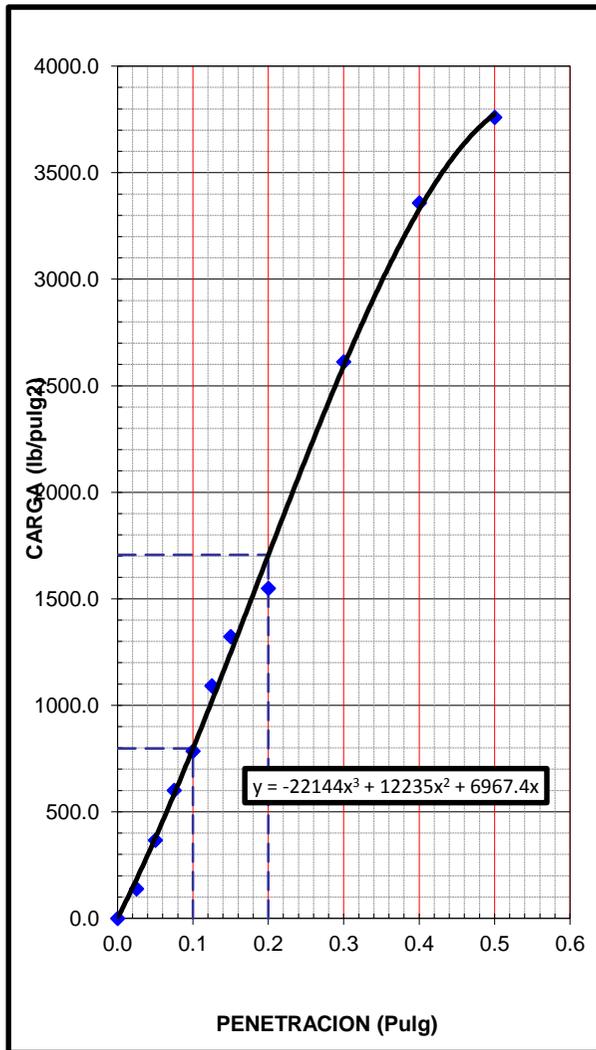


---

**EC = 56 GOLPES**

**EC = 25 GOLPES**

**EC = 10 GOLPES**



**LABORATORIO DE MECANICA DE  
SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
BASE GRANULAR

**PROVIN  
NCIA** HUANCAYO

**DEPARTAM  
ENTO:** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON  
LAPA RAMOS

**FECHA:** 19/03/20  
18

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO  
ENERGIA MODIFICADA  
MTC E 116**

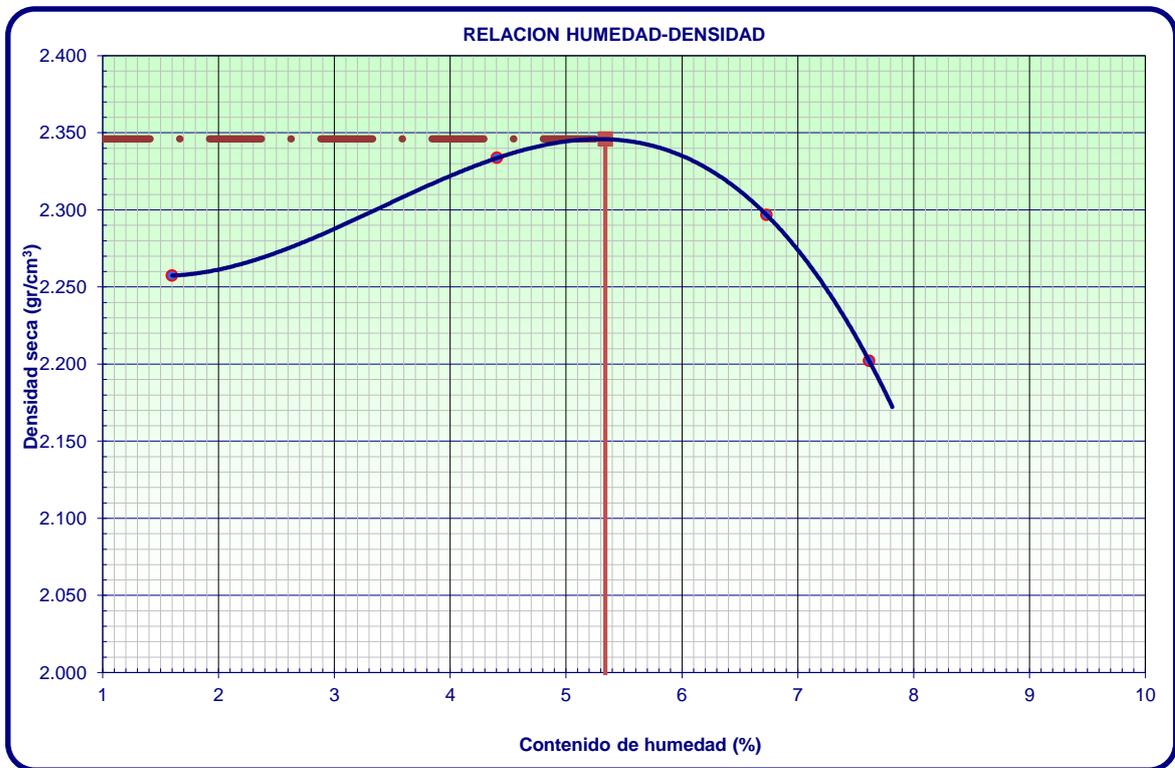
**CANTER  
A:** CHUPURO

**APROBADO  
POR:** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTR  
A:** 3

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11272	11570	11601	11431	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4782	5080	5111	4941	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.294	2.436	2.451	2.370	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	354.8	345.3	348.3	378.3	

Peso del suelo seco + tara	gr.	<b>350.1</b>	<b>332.9</b>	<b>330.0</b>	<b>355.0</b>	
Peso de Tara	gr.	<b>56.3</b>	<b>51.4</b>	<b>58.1</b>	<b>49.1</b>	
Peso de agua	gr.	4.7	12.4	18.3	23.3	
Peso del suelo seco	gr.	293.8	281.5	271.9	305.9	
Contenido de agua	%	1.6	4.4	6.7	7.6	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.257</b>	<b>2.334</b>	<b>2.297</b>	<b>2.202</b>	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.346</b>
					Humedad óptima (%)	<b>5.340</b>



**Observaciones:**

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** CHUPURO  
:  
MUESTRA

**MUESTRA** M - 3  
:

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.346 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.34 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12987</b>	<b>12815</b>	<b>12761</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5153	5066	4830
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.439	2.398	2.279
Humedad	(%)	5.440	5.710	5.330
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.313</b>	<b>2.268</b>	<b>2.164</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>345.30</b>	<b>378.30</b>	<b>345.20</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>330.20</b>	<b>360.90</b>	<b>330.30</b>
Peso del Agua	(g)	15.10	17.40	14.90
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	277.60	304.70	279.70
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.44</b>	<b>5.71</b>	<b>5.33</b>

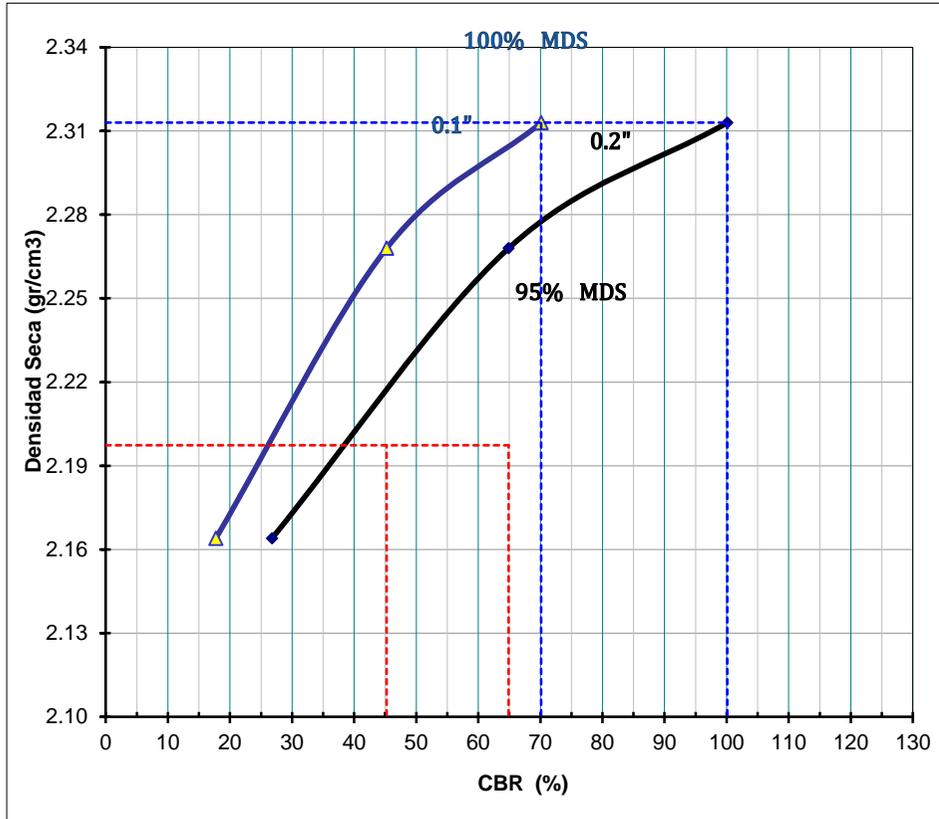
EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMP O Hr.	DIAL		EXPANSIO N		DIAL		EXPANSIO N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARG A STAND . lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	162.7			<b>0.64</b>	139.3			<b>0.64</b>	99.1		
0.050		<b>1.27</b>	379.2			<b>1.27</b>	295.8			<b>1.27</b>	131.4		
0.075		<b>1.91</b>	614.3			<b>1.91</b>	417.1			<b>1.91</b>	166.3		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	701.3	701.30	70.1	<b>2.54</b>	452.2	452.20	45.2	<b>2.54</b>	177.2	177.20	17.7

0.125		<b>3.18</b>	1114.8			<b>3.18</b>	739.8			<b>3.18</b>	233.3		
0.150		<b>3.81</b>	1335.3			<b>3.81</b>	835.9			<b>3.81</b>	335.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1501.3	1501.3 0	100. 1	<b>5.08</b>	973.3	973.30	64.9	<b>5.08</b>	401.7	401.70	26.8
0.300		<b>7.62</b>	2616.5			<b>7.62</b>	1406. 1			<b>7.62</b>	463.8		
0.400		<b>10.16</b>	3361.3			<b>10.16</b>	1732. 1			<b>10.16</b>	547.2		
0.500		<b>13</b>	3652.3			<b>13</b>	1923. 7			<b>13</b>	610.7		



## GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



### RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	88.4	0.2":	125.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	34.8	0.2":	50.5

### Datos del Proctor

Densidad Seca	2.346	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	5.34	%

### OBSERVACIONES:

- MATERIAL  
NATURAL

---



---



---

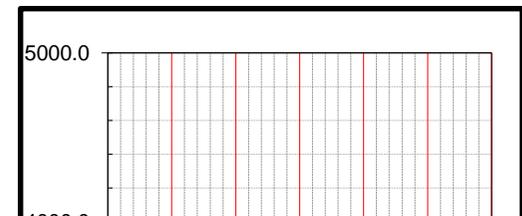


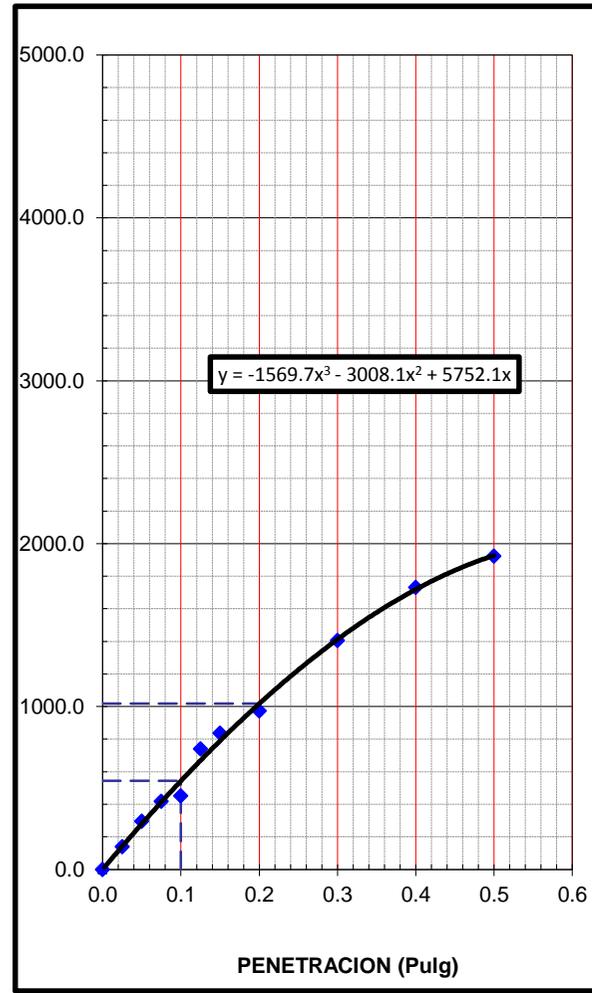
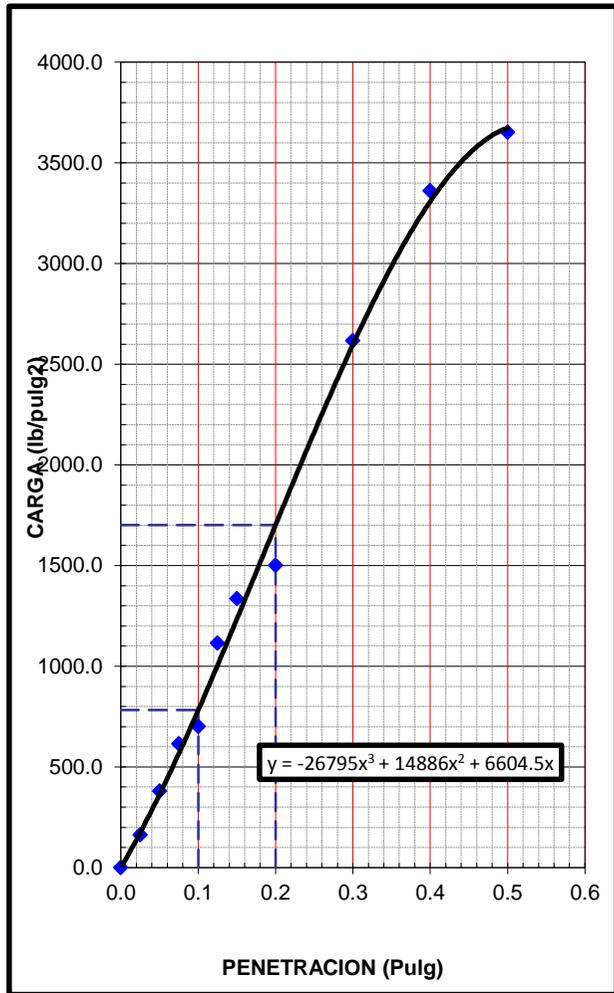
---

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 12 GOLPES





**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNIN

**CLIENTE:** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

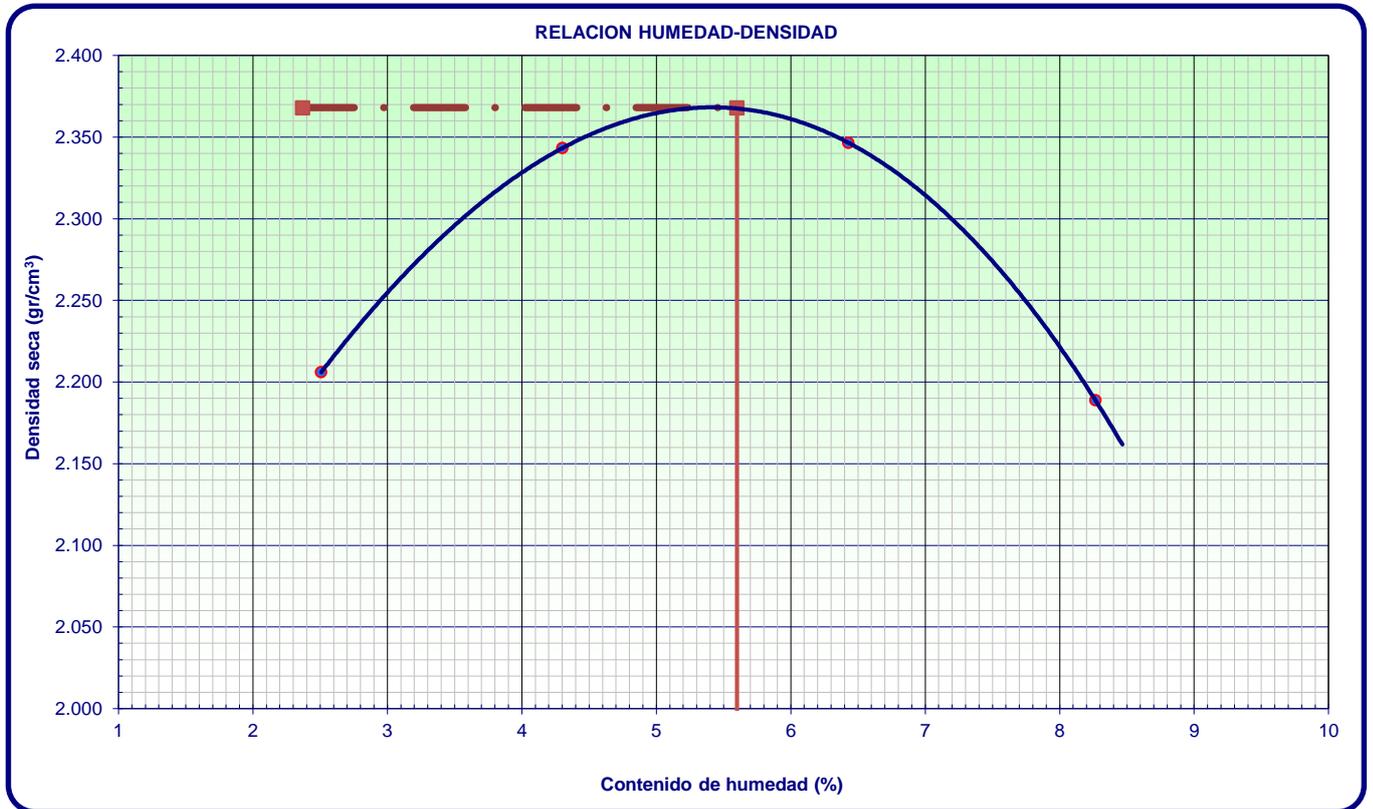
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11205	11586	11697	11431
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4715	5096	5207	4941
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.261	2.444	2.497	2.370
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	305.6	342.3	250.1	316.3
Peso del suelo seco + tara	gr.	299.5	330.3	238.5	295.9
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1
Peso de agua	gr.	6.1	12.0	11.6	20.4
Peso del suelo seco	gr.	243.2	278.9	180.4	246.8
Contenido de agua	%	2.5	4.3	6.4	8.3
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.206	2.343	2.346	2.189

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.368</b>
Humedad óptima (%)	<b>5.600</b>



**Observaciones:**

s: ADICION 0.5%

---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** CHUPURO  
:  
MUESTRA

**MUESTRA** M - 1  
:

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.368 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.60 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13095</b>	<b>12789</b>	<b>12721</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5261	5040	4790
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.490	2.385	2.261
Humedad	(%)	6.140	5.810	5.670
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.346</b>	<b>2.254</b>	<b>2.140</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>315.30</b>	<b>325.60</b>	<b>341.30</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>300.10</b>	<b>310.80</b>	<b>325.70</b>
Peso del Agua	(g)	15.20	14.80	15.60
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	247.50	254.60	275.10
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.14</b>	<b>5.81</b>	<b>5.67</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMP O Hr.	DIAL		EXPANSIO N		DIAL		EXPANSIO N			
					mm	%			mm	%		
		0										
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARG A STAND . lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	428.4			<b>0.64</b>	130.1			<b>0.64</b>	69.1		
0.050		<b>1.27</b>	659.6			<b>1.27</b>	274.8			<b>1.27</b>	104.3		
0.075		<b>1.91</b>	751.4			<b>1.91</b>	403.3			<b>1.91</b>	138.1		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	899.9	899.9 0	90.0	<b>2.54</b>	494.4	494.43	49.4	<b>2.54</b>	163.8	163.83	16.4
0.125		<b>3.18</b>	1020.6			<b>3.18</b>	606.8			<b>3.18</b>	192.5		
0.150		<b>3.81</b>	1495.6			<b>3.81</b>	695.0			<b>3.81</b>	221.1		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1795.6	1795. 60	119. 7	<b>5.08</b>	872.0	872.05	58.1	<b>5.08</b>	273.3	273.30	18.2
0.300		<b>7.62</b>	2713.9			<b>7.62</b>	1143. 1			<b>7.62</b>	360.7		
0.400		<b>10.16</b>	3349.3			<b>10.16</b>	1262. 2			<b>10.16</b>	448.1		
0.500		<b>13</b>	3861.3			<b>13</b>	1592. 0			<b>13</b>	526.8		



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** : TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA** : HUANCAYO

**DEPARTAMENTO** JUNIN  
:

**CLIENTE** : CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA** : 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** : CHUPURO

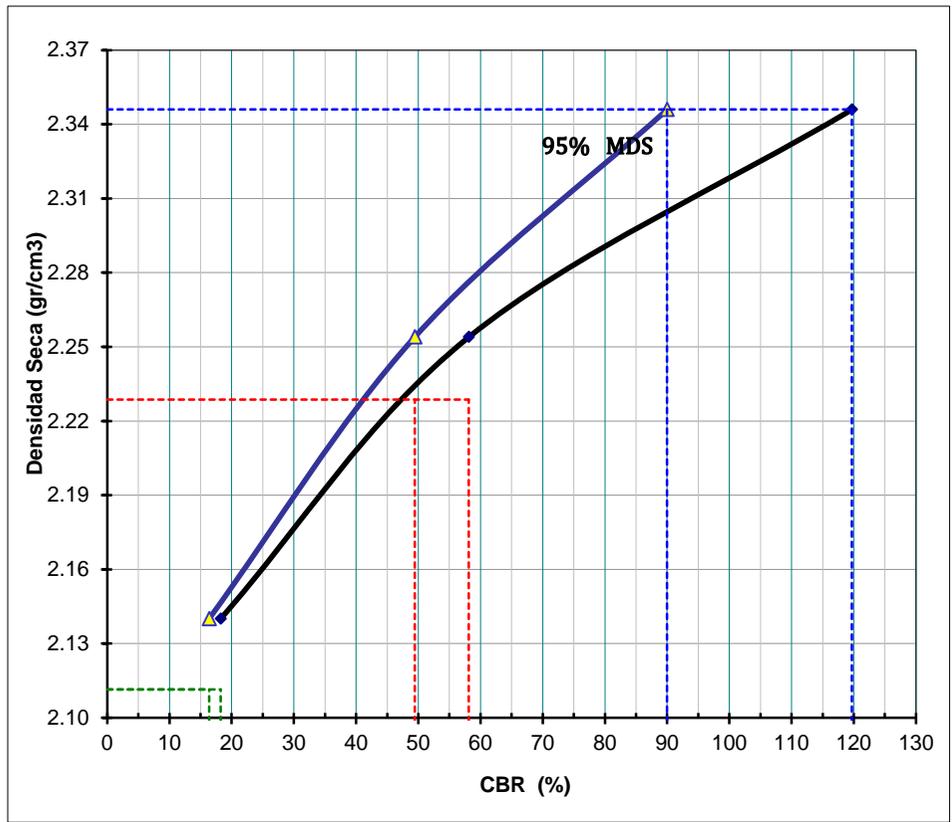
**HECHO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA** :

**APROBADO** : ING. MILLER  
**POR :** RODRIGUEZ

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



**RESULTADOS:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>99.7</b>	<b>0.2":</b>	<b>134.4</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>48.2</b>	<b>0.2":</b>	<b>56.6</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.368	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	5.60	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL +  
0.5%

---



---

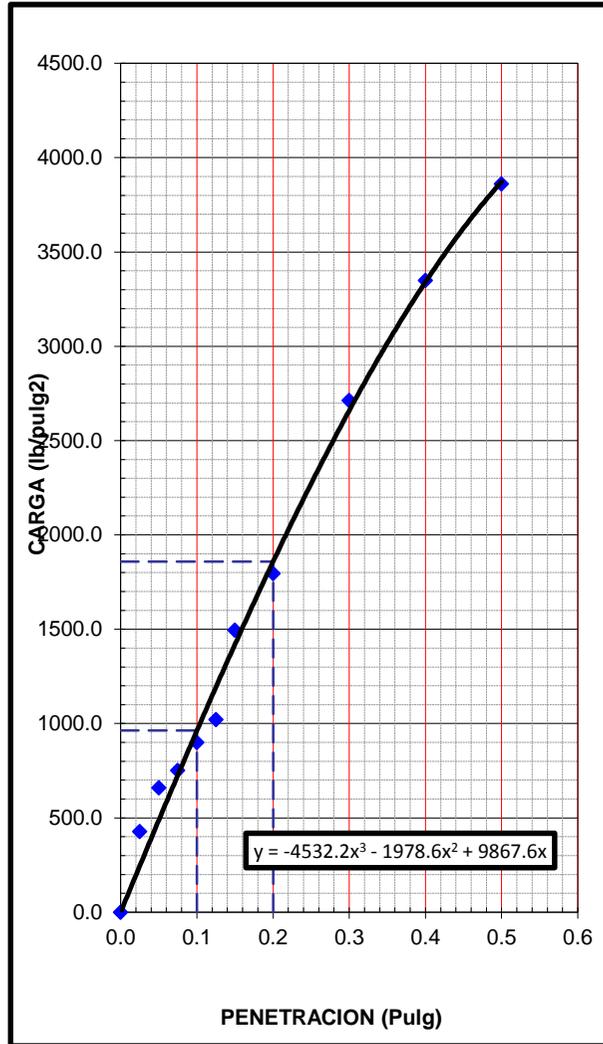


---

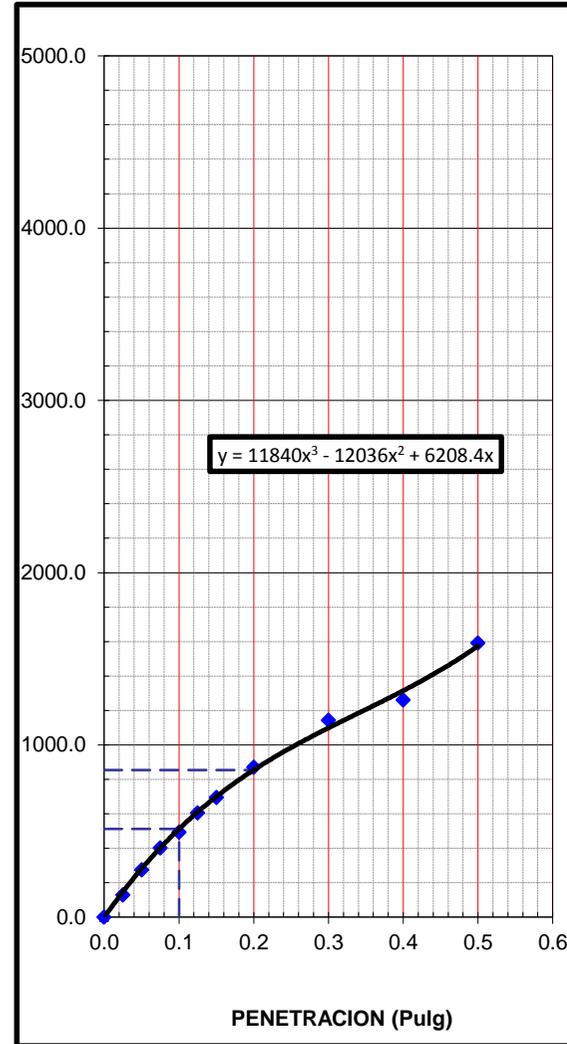


---

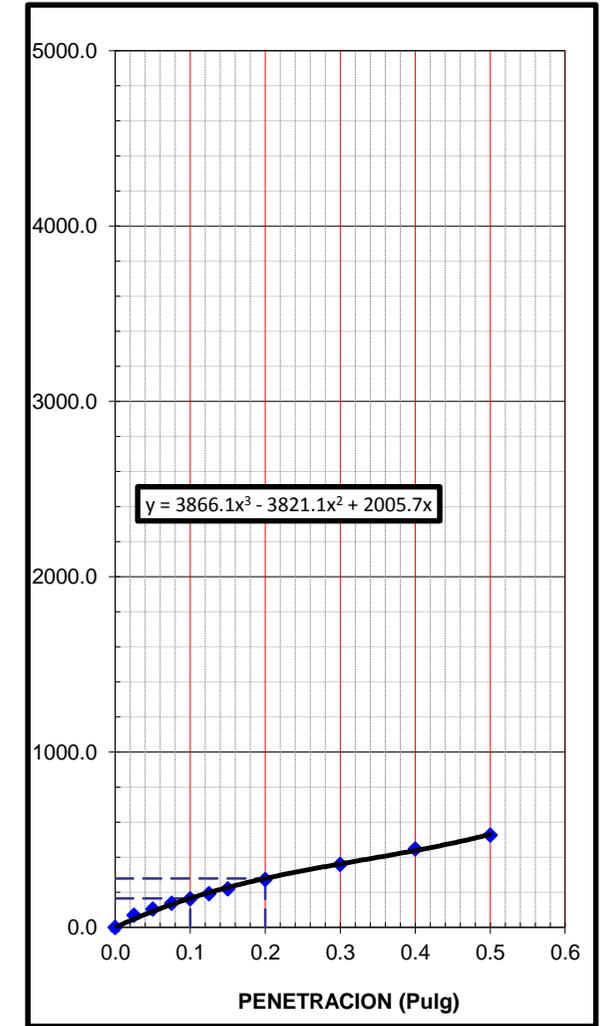
**EC = 56 GOLPES**



**EC = 25 GOLPES**



**EC = 10 GOLPES**



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE  
GRANULAR

**PROVINNCIA** HUANCAYO **DEPARTAMEN TO:** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

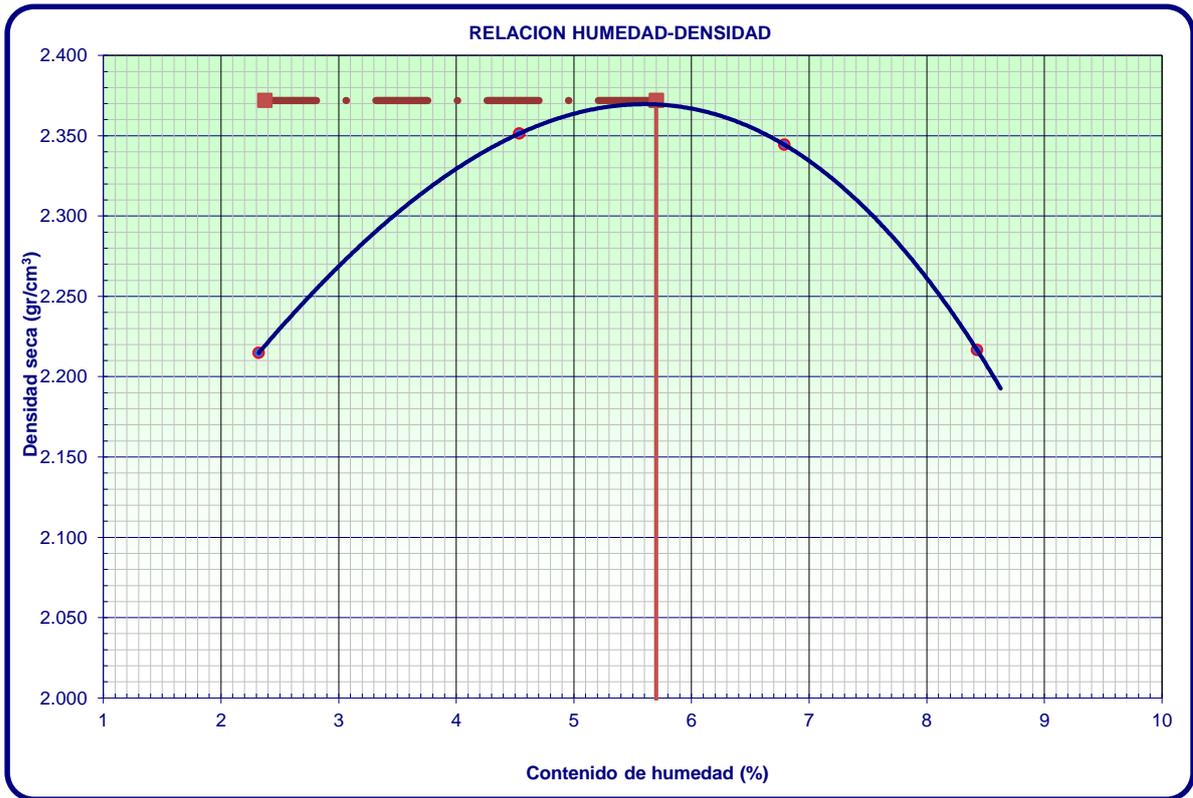
**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**  
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11215	11615	11710	11501	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4725	5125	5220	5011	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.266	2.458	2.504	2.403	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	250.3	265.7	245.3	316.7	
Peso del suelo seco + tara	gr.	245.9	256.4	233.4	295.9	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	4.4	9.3	11.9	20.8	
Peso del suelo seco	gr.	189.6	205.0	175.3	246.8	

Contenido de agua	%	2.3	4.5	6.8	8.4	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.215</b>	<b>2.351</b>	<b>2.344</b>	<b>2.217</b>	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.372</b>
					Humedad óptima (%)	<b>5.700</b>



Observaciones:

ADICION 1%



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA**  
:  
CHUPURO

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.372 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.70 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13105</b>	<b>12795</b>	<b>12726</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5271	5046	4795
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.495	2.388	2.263
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.341</b>	<b>2.234</b>	<b>2.120</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>316.40</b>	<b>304.60</b>	<b>375.60</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>300.10</b>	<b>288.60</b>	<b>355.10</b>
Peso del Agua	(g)	16.30	16.00	20.50
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	247.50	232.40	304.50
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.59</b>	<b>6.88</b>	<b>6.73</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL		EXPANSION N		DIAL		EXPANSION N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	120.6			<b>0.64</b>	137.4			<b>0.64</b>	94.0		
0.050		<b>1.27</b>	258.6			<b>1.27</b>	285.8			<b>1.27</b>	121.2		
0.075		<b>1.91</b>	421.7			<b>1.91</b>	429.8			<b>1.91</b>	160.9		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	925.9	925.9 0	92.6	<b>2.54</b>	573.0	573.04	57.3	<b>2.54</b>	193.2	193.22	19.3
0.125		<b>3.18</b>	1015.6			<b>3.18</b>	709.0			<b>3.18</b>	221.1		
0.150		<b>3.81</b>	1253.3			<b>3.81</b>	843.4			<b>3.81</b>	246.8		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1995.3	1995. 30	133. 0	<b>5.08</b>	1030. 0	1030.0 0	68.7	<b>5.08</b>	294.6	294.60	19.6
0.300		<b>7.62</b>	2814.3			<b>7.62</b>	1362. 1			<b>7.62</b>	371.7		
0.400		<b>10.16</b>	3458.8			<b>10.16</b>	1647. 1			<b>10.16</b>	460.6		
0.500		<b>13</b>	4005.3			<b>13</b>	1861. 6			<b>13</b>	531.9		



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

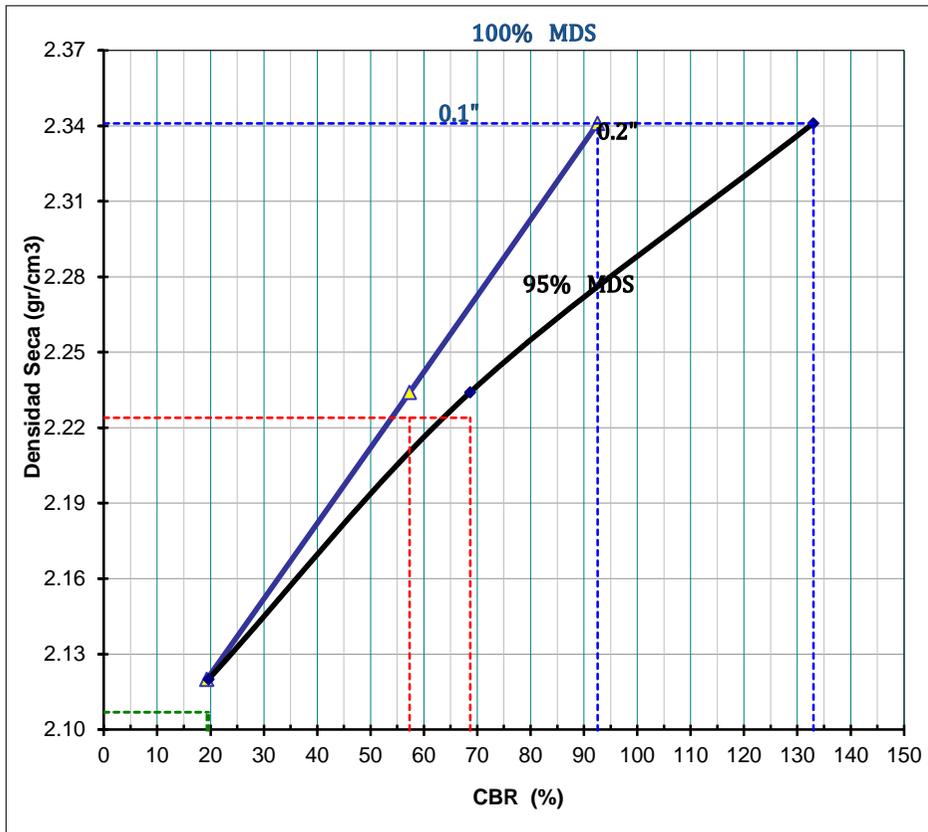
**MUESTRA :** 1

**APROBADO  
POR :**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



## RESULTADOS

:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>102.8</b>	<b>0.2":</b>	<b>151.7</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>63.7</b>	<b>0.2":</b>	<b>80.3</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.372	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	5.70	%

## OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL +  
1%

---



---

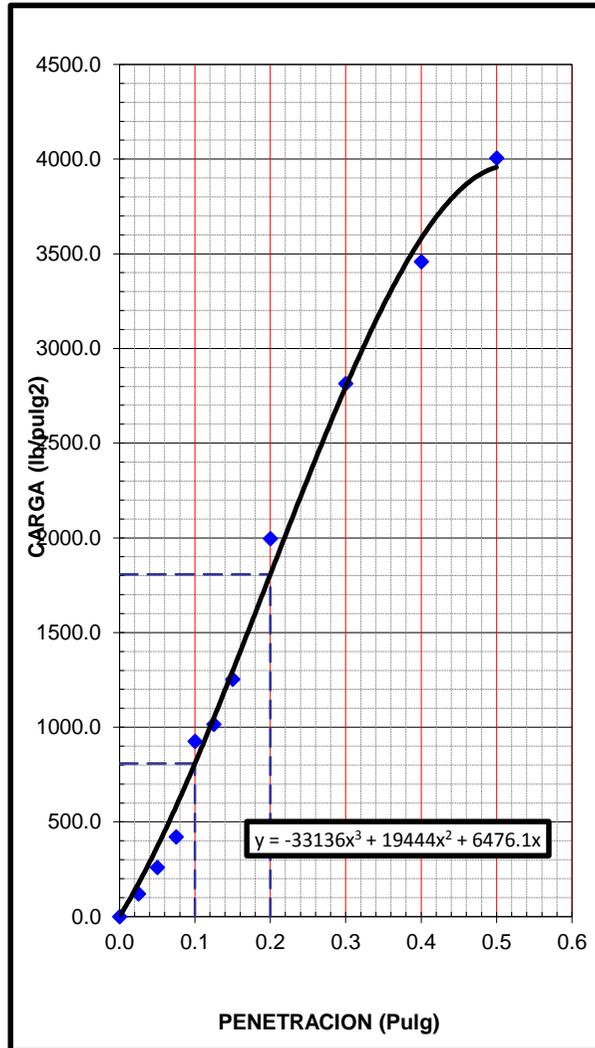


---

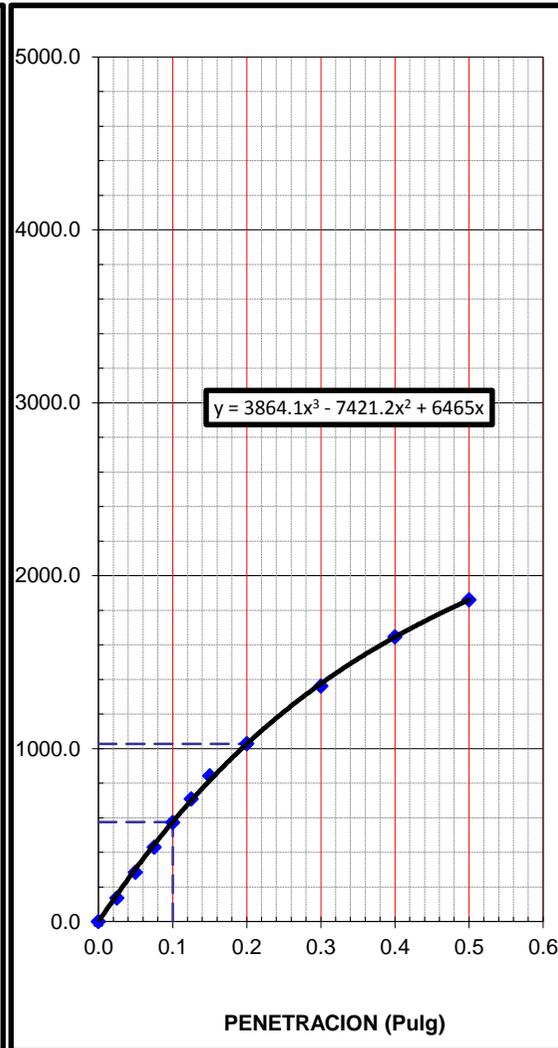


---

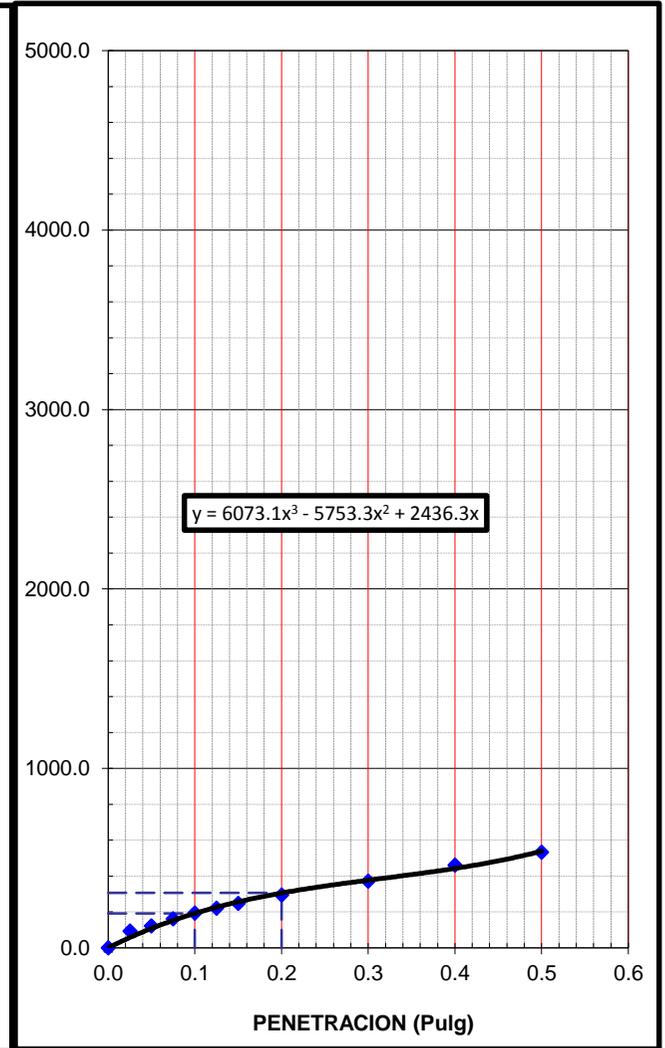
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNIN

**CLIENTE:** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

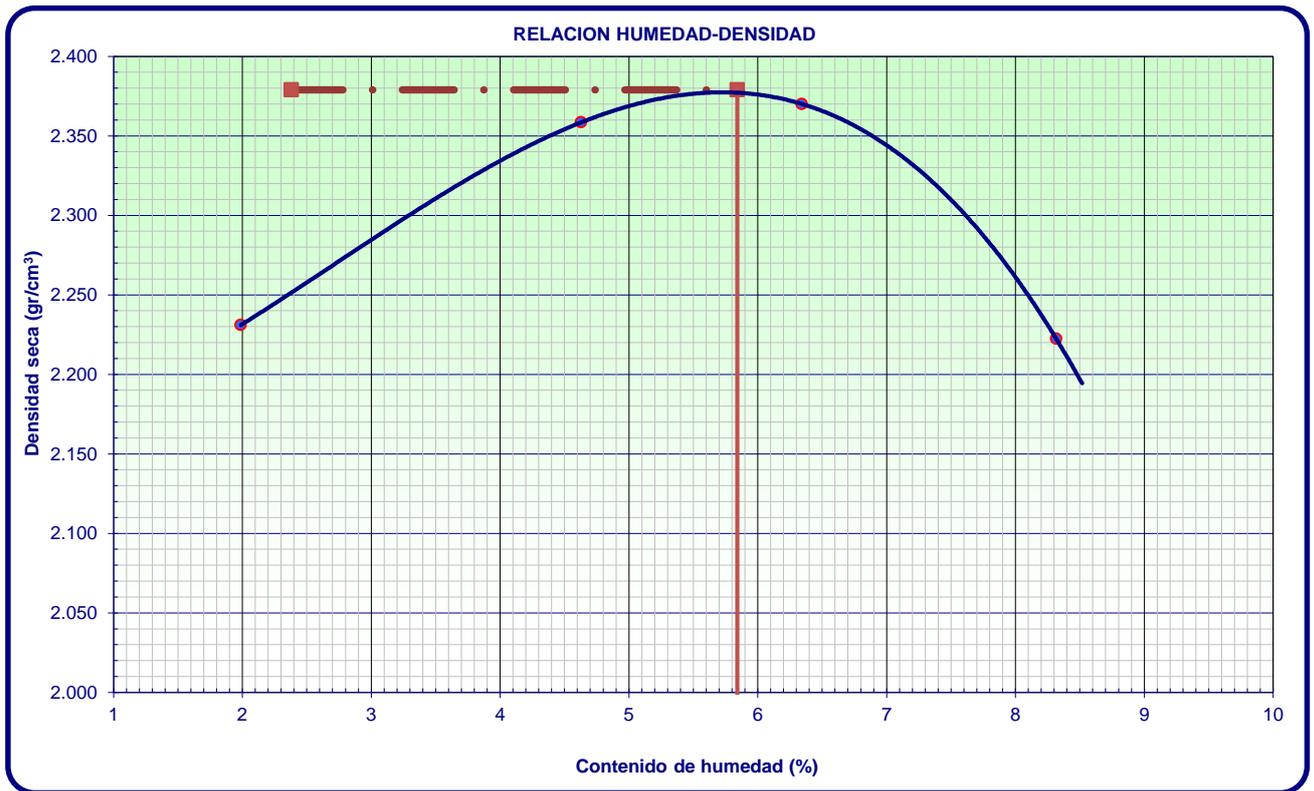
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11234	11635	11745	11509	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4744	5145	5255	5019	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.275	2.468	2.520	2.407	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	251.3	245.8	259.3	210.6	
Peso del suelo seco + tara	gr.	247.5	237.2	247.3	198.2	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	3.8	8.6	12.0	12.4	
Peso del suelo seco	gr.	191.2	185.8	189.2	149.1	

Contenido de agua	%	2.0	4.6	6.3	8.3	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.231</b>	<b>2.358</b>	<b>2.370</b>	<b>2.222</b>	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.379</b>
					Humedad óptima (%)	<b>5.840</b>



**Observaciones**

:

ADICION 1.5%

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A** : HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA** : 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA**  
:  
CHUPURO

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.379 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.84 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13154</b>	<b>12812</b>	<b>12734</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5320	5063	4803
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.518	2.396	2.267
Humedad	(%)	6.700	6.240	6.290
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.360</b>	<b>2.255</b>	<b>2.133</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>245.30</b>	<b>214.60</b>	<b>378.40</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>233.20</b>	<b>205.30</b>	<b>359.00</b>
Peso del Agua	(g)	12.10	9.30	19.40
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	180.60	149.10	308.40
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.70</b>	<b>6.24</b>	<b>6.29</b>

EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL	EXPANSION N		DIAL	EXPANSION N		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
		0											
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>										
		48											
		72											
		96											
		96											

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	177.2			<b>0.64</b>	171.2			<b>0.64</b>	104.3		
0.050		<b>1.27</b>	299.7			<b>1.27</b>	365.9			<b>1.27</b>	158.4		
0.075		<b>1.91</b>	453.3			<b>1.91</b>	476.1			<b>1.91</b>	164.5		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	1152.2	1152.2 0	115. 2	<b>2.54</b>	617.9	617.85	61.8	<b>2.54</b>	178.3	178.30	17.8
0.125		<b>3.18</b>	1354.3			<b>3.18</b>	774.3			<b>3.18</b>	225.5		
0.150		<b>3.81</b>	1799.8			<b>3.81</b>	881.6			<b>3.81</b>	283.6		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	2112.3	2112.3 0	140. 8	<b>5.08</b>	1087. 3	1087.3 1	72.5	<b>5.08</b>	328.4	328.40	21.9
0.300		<b>7.62</b>	3012.3			<b>7.62</b>	1440. 7			<b>7.62</b>	412.9		
0.400		<b>10.16</b>	3745.3			<b>10.16</b>	1673. 6			<b>10.16</b>	544.4		
0.500		<b>13</b>	4953.2			<b>13</b>	1927. 0			<b>13</b>	589.9		



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.  
**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA :**

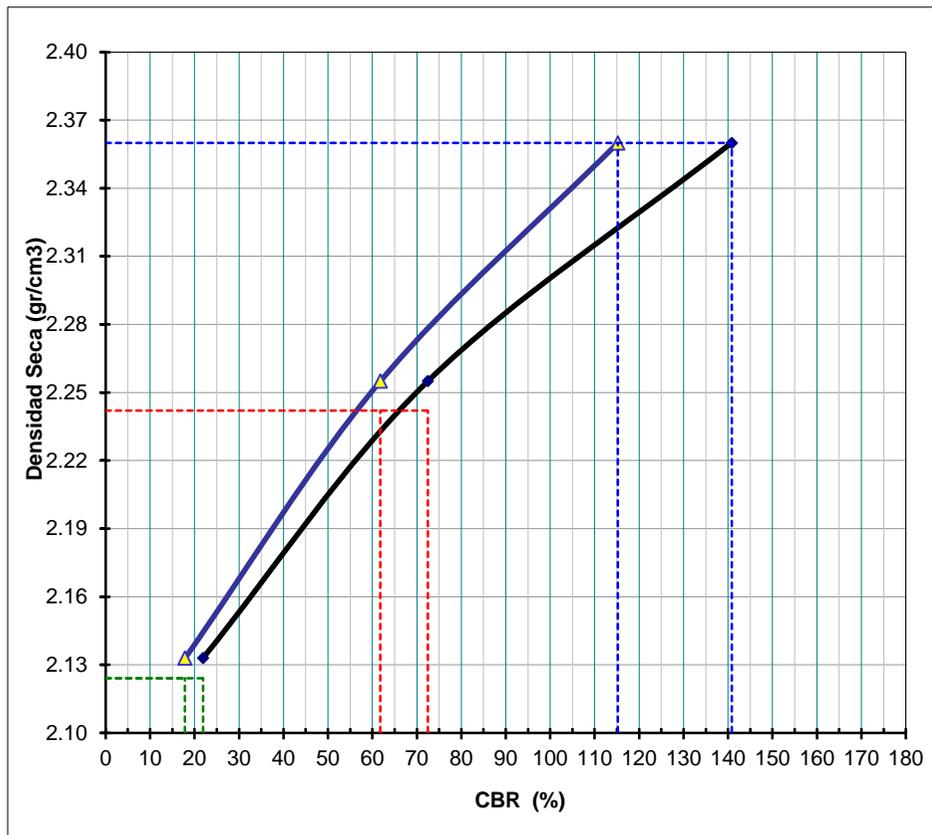
**APROBADO**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**POR :**

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**



## RESULTADO

S:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	124.9	0.2":	153.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	64.4	0.2":	75.8

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.379	g/cm3
Optimo	5.84	
Humedad		%

### OBSERVACIONES:

- MATERIAL NATURAL +  
1.5%

---



---



---

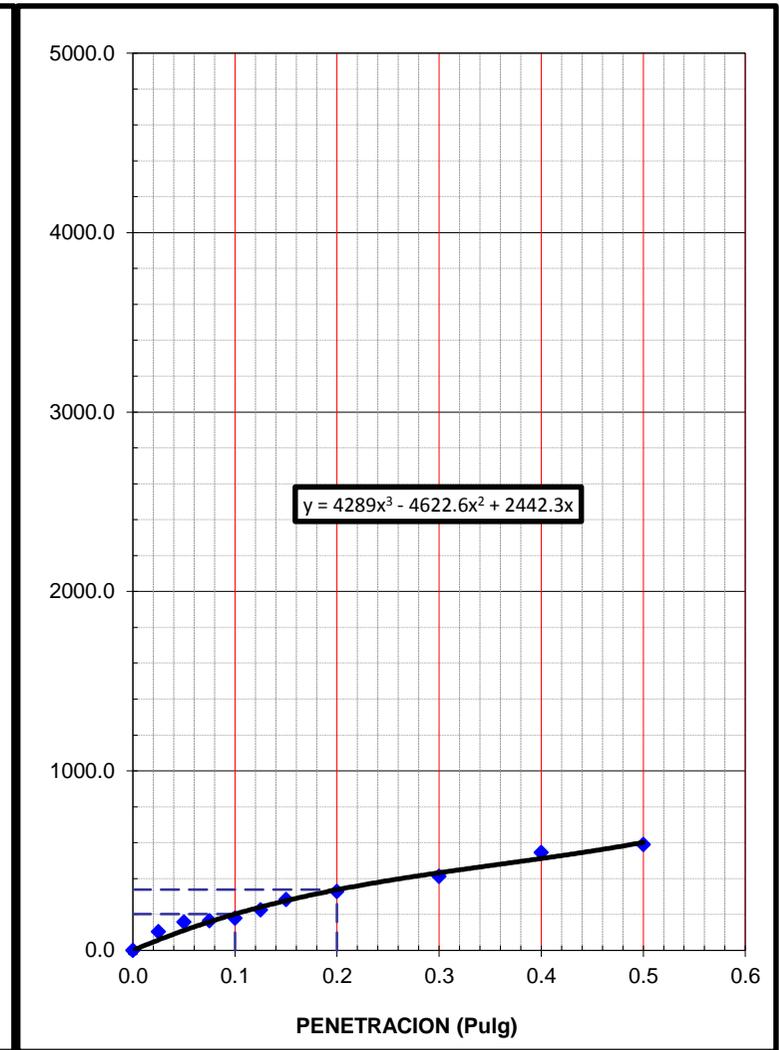
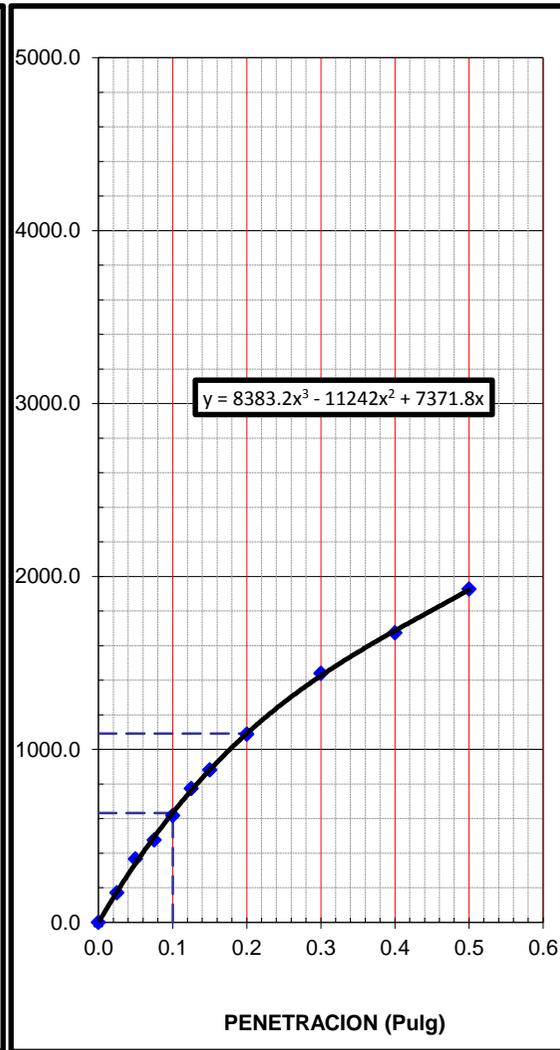
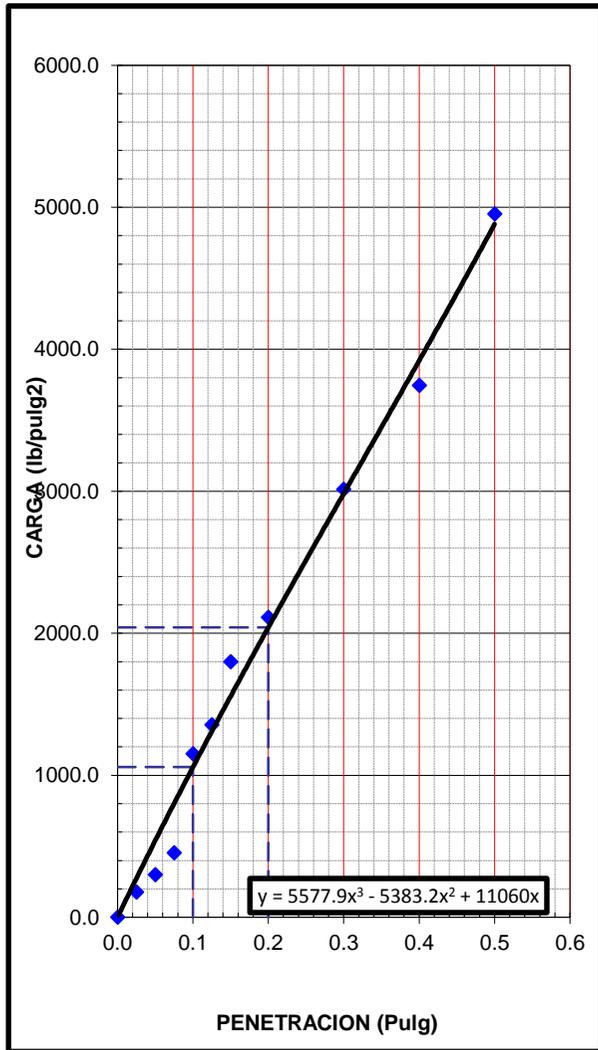


---

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNIN

**CLIENTE:** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

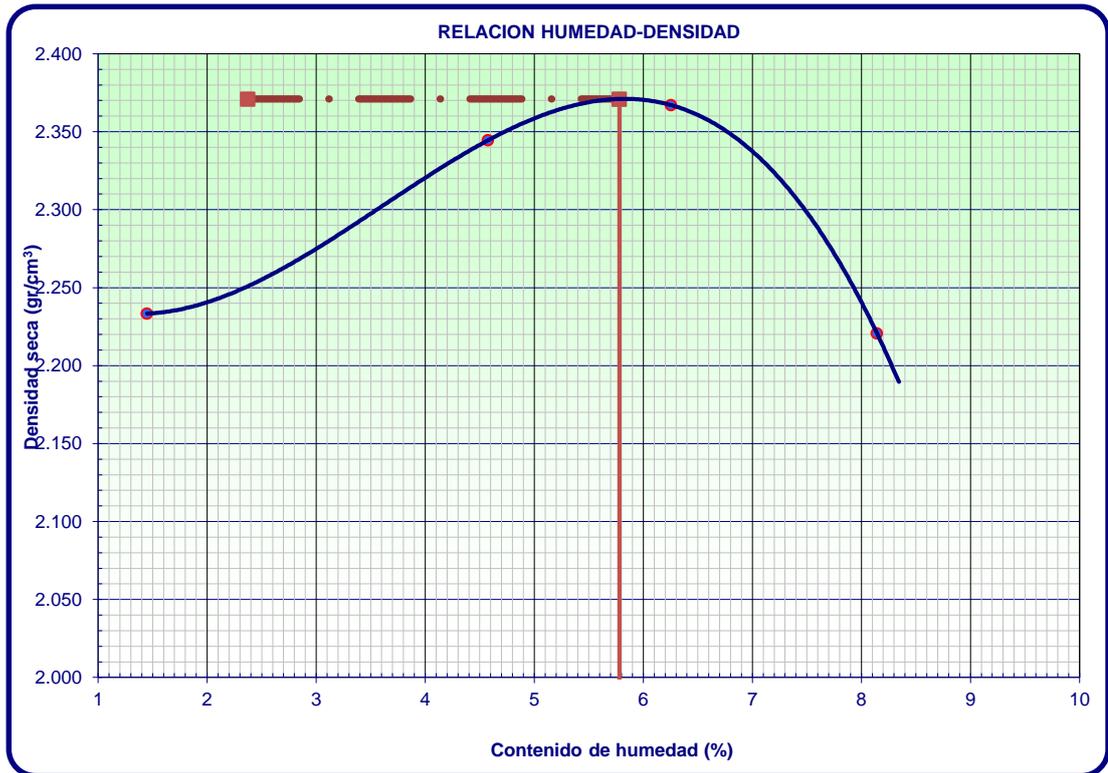
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11214	11602	11734	11497
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4724	5112	5244	5007
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.266	2.452	2.515	2.401
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	301.5	378.2	345.2	314.7
Peso del suelo seco + tara	gr.	298.0	363.9	328.3	294.7
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1
Peso de agua	gr.	3.5	14.3	16.9	20.0
Peso del suelo seco	gr.	241.7	312.5	270.2	245.6

Contenido de agua	%	1.4	4.6	6.3	8.1	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.233</b>	<b>2.345</b>	<b>2.367</b>	<b>2.221</b>	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.371</b>
					Humedad óptima (%)	<b>5.780</b>



**Observaciones**

:

ADICION 2%

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** CHUPURO  
:  
MUESTRA

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.371 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.78 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13115</b>	<b>12791</b>	<b>12714</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5281	5042	4783
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.499	2.386	2.257
Humedad	(%)	6.350	6.320	6.010
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.350</b>	<b>2.244</b>	<b>2.129</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>315.70</b>	<b>345.60</b>	<b>389.10</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>300.00</b>	<b>328.40</b>	<b>369.90</b>
Peso del Agua	(g)	15.70	17.20	19.20
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	247.40	272.20	319.30
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.35</b>	<b>6.32</b>	<b>6.01</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL		EXPANSION N		DIAL		EXPANSION N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	80.1			<b>0.64</b>	65.1			<b>0.64</b>	75.7		
0.050		<b>1.27</b>	366.0			<b>1.27</b>	111.5			<b>1.27</b>	123.4		
0.075		<b>1.91</b>	561.5			<b>1.91</b>	164.5			<b>1.91</b>	171.9		

0.100	1000.0	<b>2.54</b>	997.2	997.2 0	99.7	<b>2.54</b>	234.4	234.40	23.4	<b>2.54</b>	199.9	199.90	20.0
0.125		<b>3.18</b>	1180.7			<b>3.18</b>	334.2			<b>3.18</b>	279.9		
0.150		<b>3.81</b>	1562.0			<b>3.81</b>	457.9			<b>3.81</b>	317.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1754.3	1754. 30	117. 0	<b>5.08</b>	627.6	627.60	41.8	<b>5.08</b>	423.2	423.17	28.2
0.300		<b>7.62</b>	2001.8			<b>7.62</b>	781.7			<b>7.62</b>	566.4		
0.400		<b>10.16</b>	2514.7			<b>10.16</b>	1236. 4			<b>10.16</b>	703.8		
0.500		<b>13</b>	2786.9			<b>13</b>	1614. 8			<b>13</b>	803.7		



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER

**:**

RODRIGUEZ

**MUESTRA :**

**APROBADO**

ING. MILLER

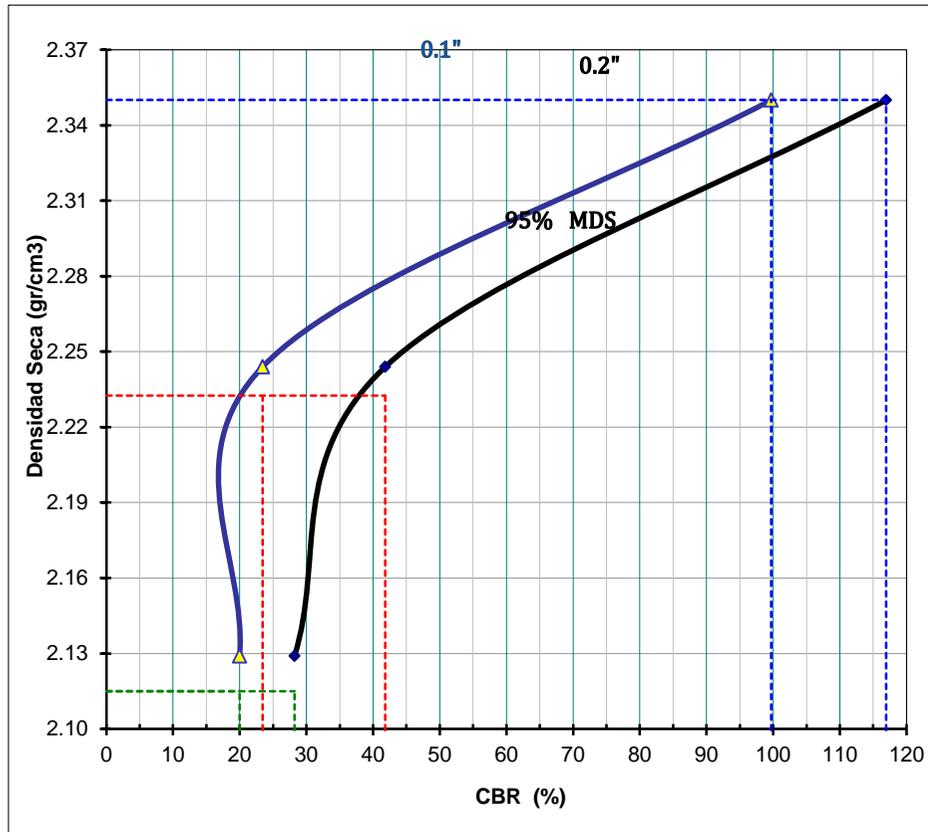
**POR :**

RODRIGUEZ

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

100% MDS



**RESULTADOS**

:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>114.8</b>	<b>0.2":</b>	<b>131.8</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>29.5</b>	<b>0.2":</b>	<b>47.8</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.371	g/cm <sup>3</sup>
Optimo Humedad	5.78	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL +  
2%

---



---

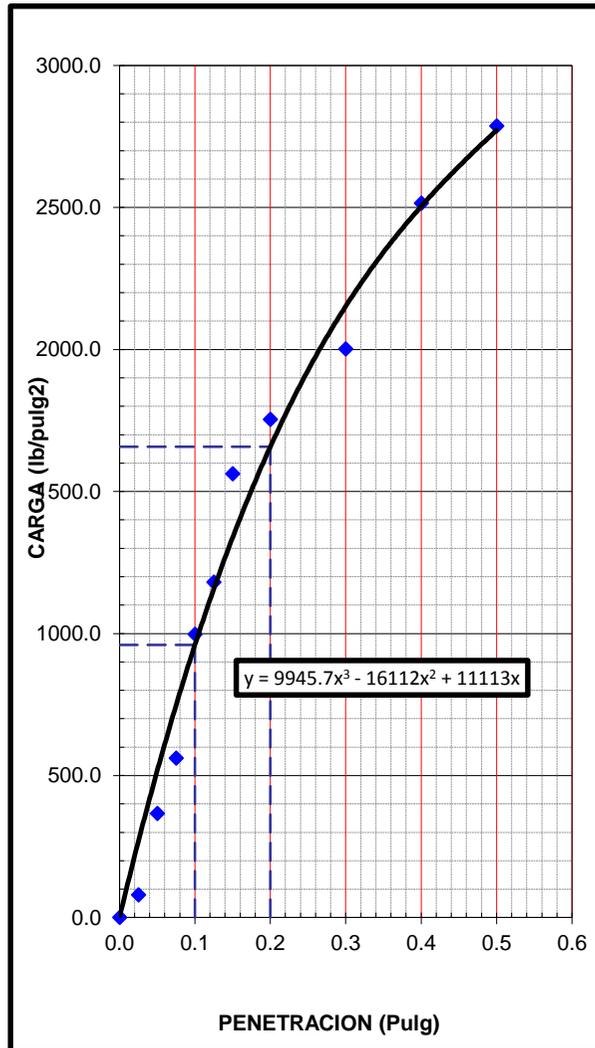


---

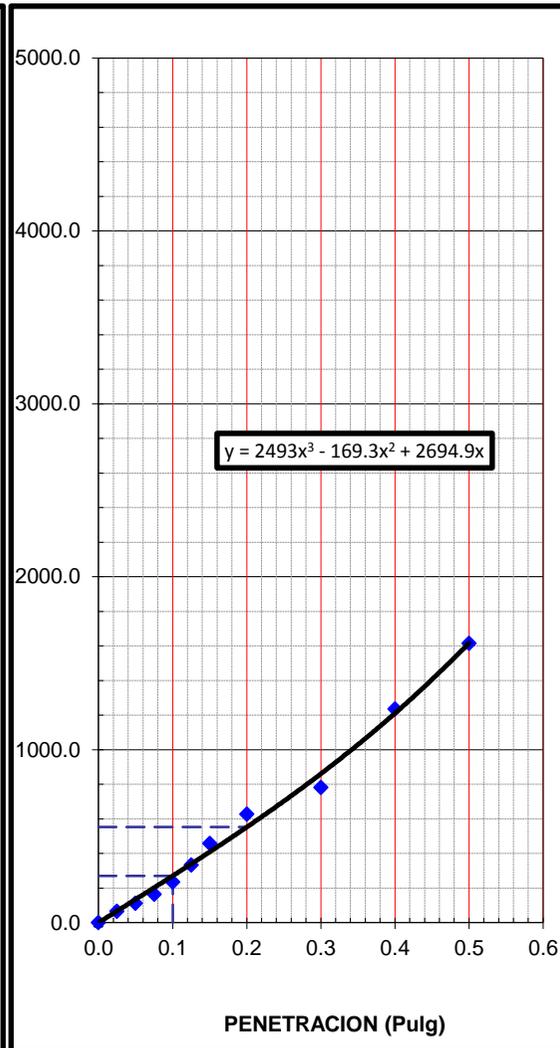


---

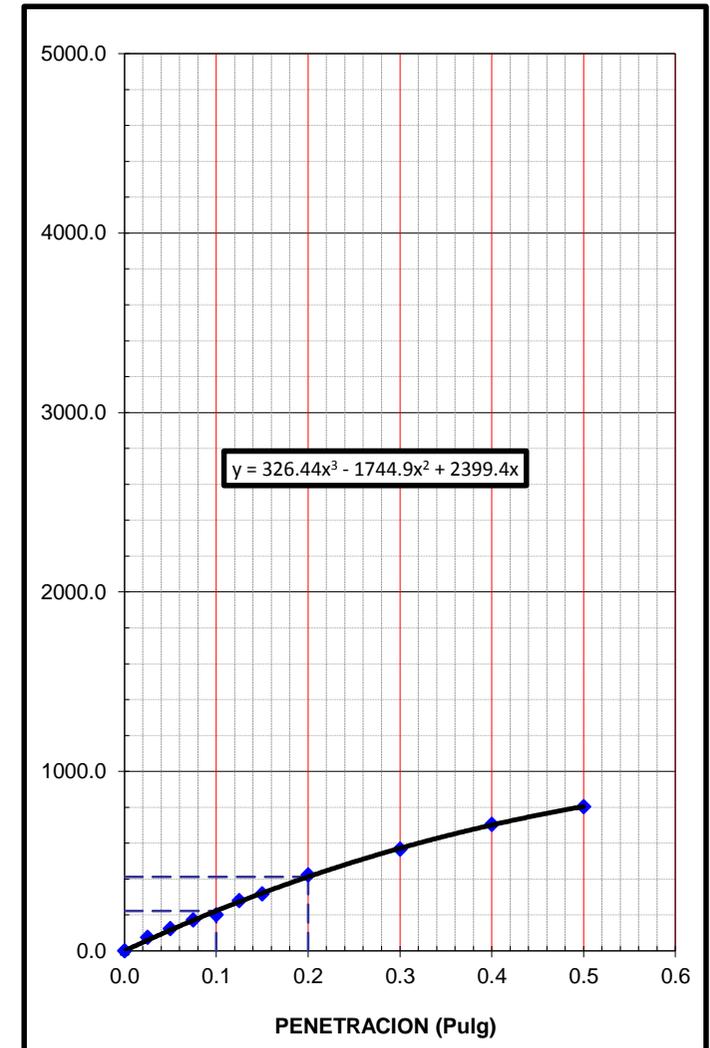
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE  
GRANULAR

**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNIN

**CLIENTE:** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

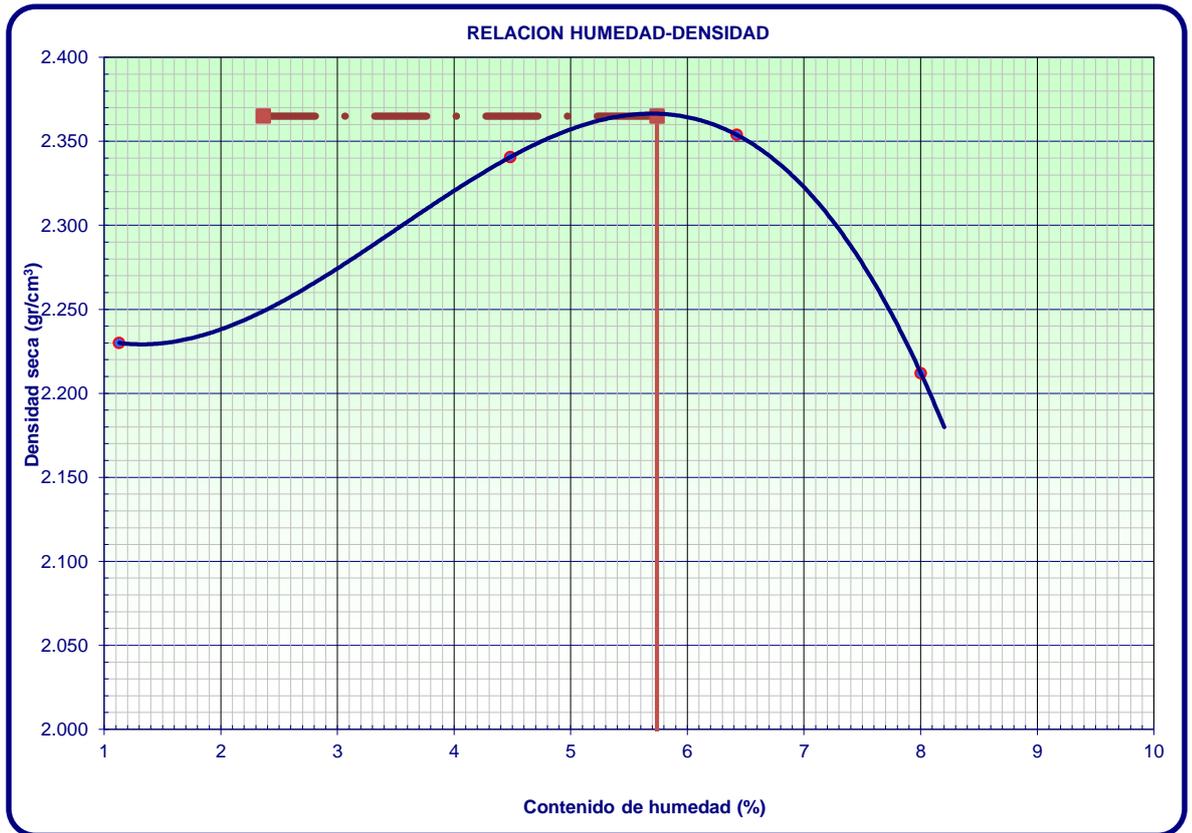
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11192	11589	11713	11471	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4702	5099	5223	4981	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.255	2.446	2.505	2.389	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	315.9	345.1	326.4	389.2	
Peso del suelo seco + tara	gr.	313.0	332.5	310.2	364.0	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	2.9	12.6	16.2	25.2	
Peso del suelo seco	gr.	256.7	281.1	252.1	314.9	

Contenido de agua	%	1.1	4.5	6.4	8.0	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.230	2.341	2.354	2.212	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.365
					Humedad óptima (%)	5.740



**Observaciones**

:

ADICION 2.5%

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** CHUPURO  
:  
MUESTRA

**MUESTRA** M - 1  
:

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.365 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.74 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13101</b>	<b>12776</b>	<b>12700</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5267	5027	4769
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.493	2.379	2.251
Humedad	(%)	6.000	6.300	6.410
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.352</b>	<b>2.238</b>	<b>2.115</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>248.60</b>	<b>278.90</b>	<b>289.50</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>237.50</b>	<b>265.70</b>	<b>275.10</b>
Peso del Agua	(g)	11.10	13.20	14.40
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	184.90	209.50	224.50
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.00</b>	<b>6.30</b>	<b>6.41</b>

EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMP O Hr.	DIAL		EXPANSIO N		DIAL		EXPANSIO N		DIAL		EXPANSION	
			mm	%	mm	%	mm	%	mm	%				
		0												
		24	<b>NO HAY EXPASION NI ASENTAMIENTO</b>											
		48												
		72												
		96												
		96												

PENETRACION													
PENETRACION	CARG A STAND . lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	98.3			<b>0.64</b>	74.2			<b>0.64</b>	44.7		
0.050		<b>1.27</b>	245.8			<b>1.27</b>	195.3			<b>1.27</b>	80.4		
0.075		<b>1.91</b>	498.6			<b>1.91</b>	245.8			<b>1.91</b>	132.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	992.3	992.30	99.2	<b>2.54</b>	374.1	374.10	37.4	<b>2.54</b>	156.9	156.90	15.7

0.125		<b>3.18</b>	1236.3			<b>3.18</b>	492.0			<b>3.18</b>	229.9		
0.150		<b>3.81</b>	1358.1			<b>3.81</b>	619.3			<b>3.81</b>	284.4		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1675.2	1675.2 0	111. 7	<b>5.08</b>	753.3	753.30	50.2	<b>5.08</b>	382.2	382.17	25.5
0.300		<b>7.62</b>	1896.2			<b>7.62</b>	951.3			<b>7.62</b>	532.4		
0.400		<b>10.16</b>	2001.9			<b>10.16</b>	1187. 3			<b>10.16</b>	664.8		
0.500		<b>13</b>	2415.7			<b>13</b>	1457. 2			<b>13</b>	771.7		



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER

:

RODRIGUEZ

**MUESTRA :**

**APROBADO**

ING. MILLER

**POR :**

RODRIGUEZ

---

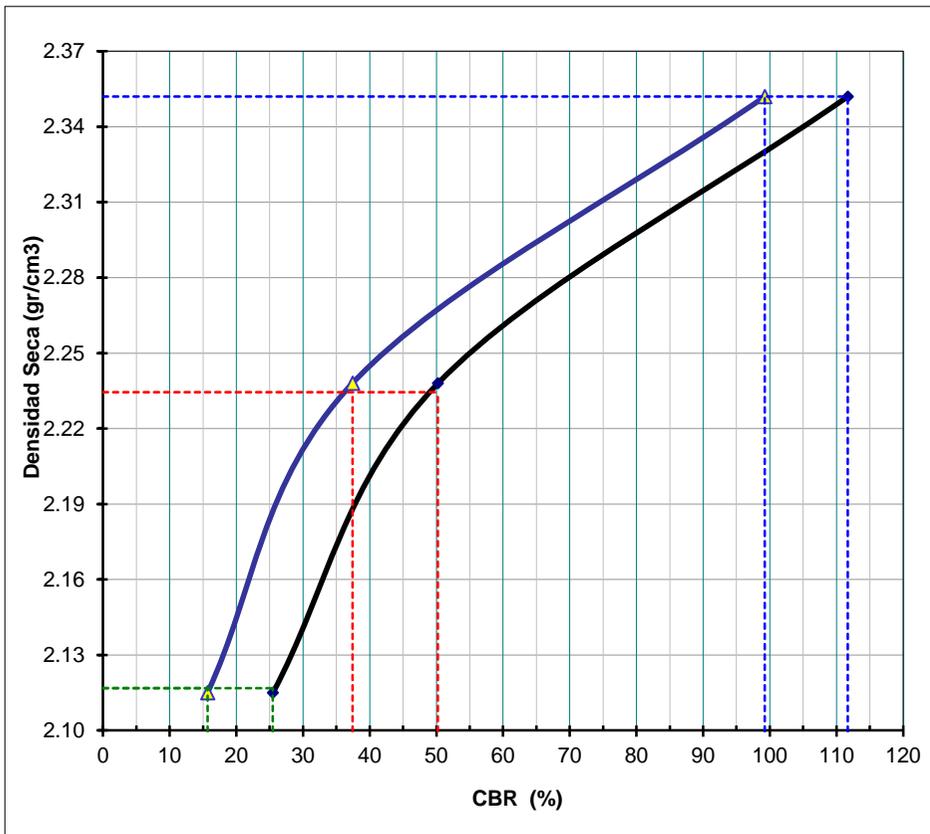
**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

285

100% MDS

0.1"

0.2"



**RESULTADOS**

:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>106.3</b>	<b>0.2":</b>	<b>118.7</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>42.2</b>	<b>0.2":</b>	<b>54.9</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca	2.365	g/cm3
Optimo Humedad	5.74	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL +  
2.5%

---

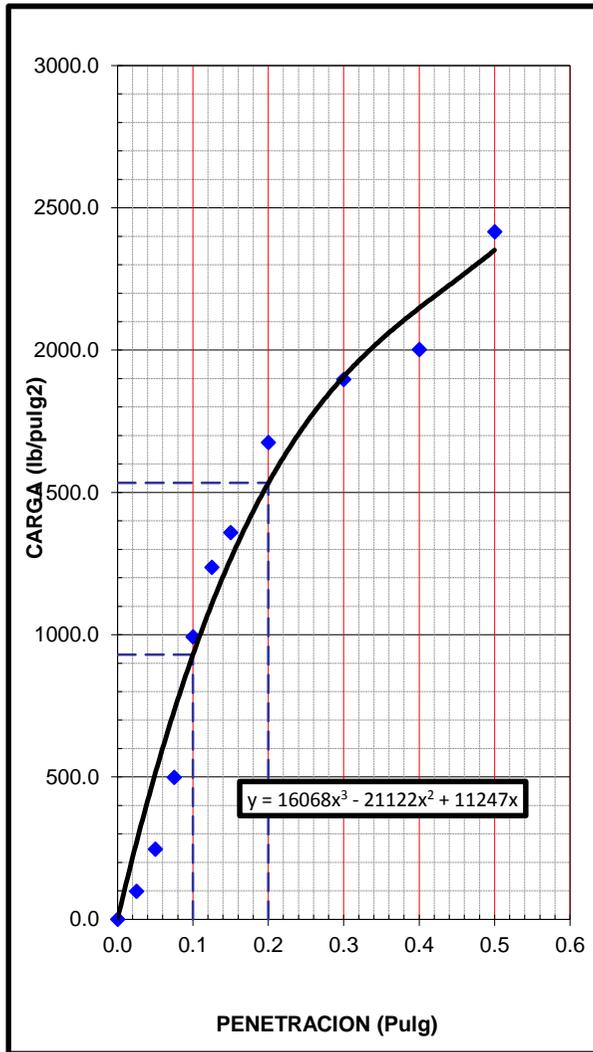


---

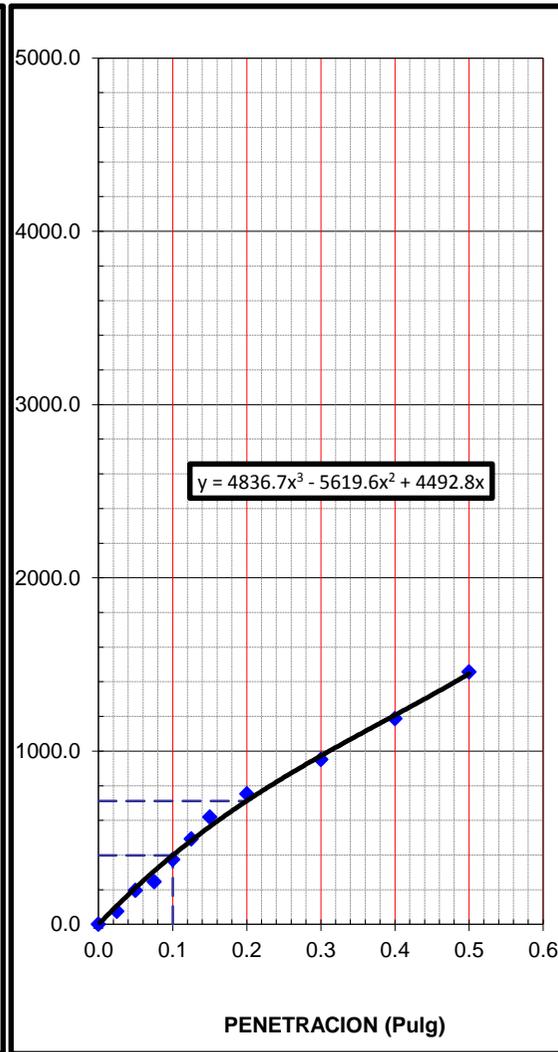


---

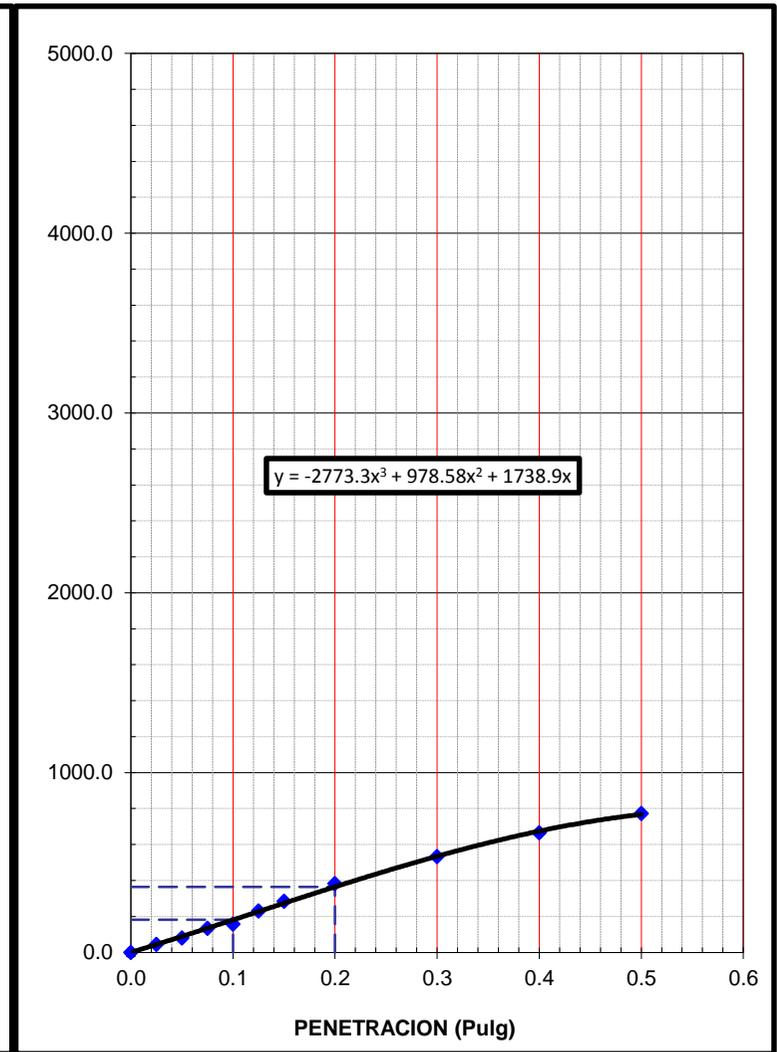
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA:** HUANCAYO **DEPARTAMENTO:** JUNIN

**CLIENTE:** CRISTOPHER EMERSON LAPA RAMOS **FECHA:** 19/03/2018

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA MODIFICADA**

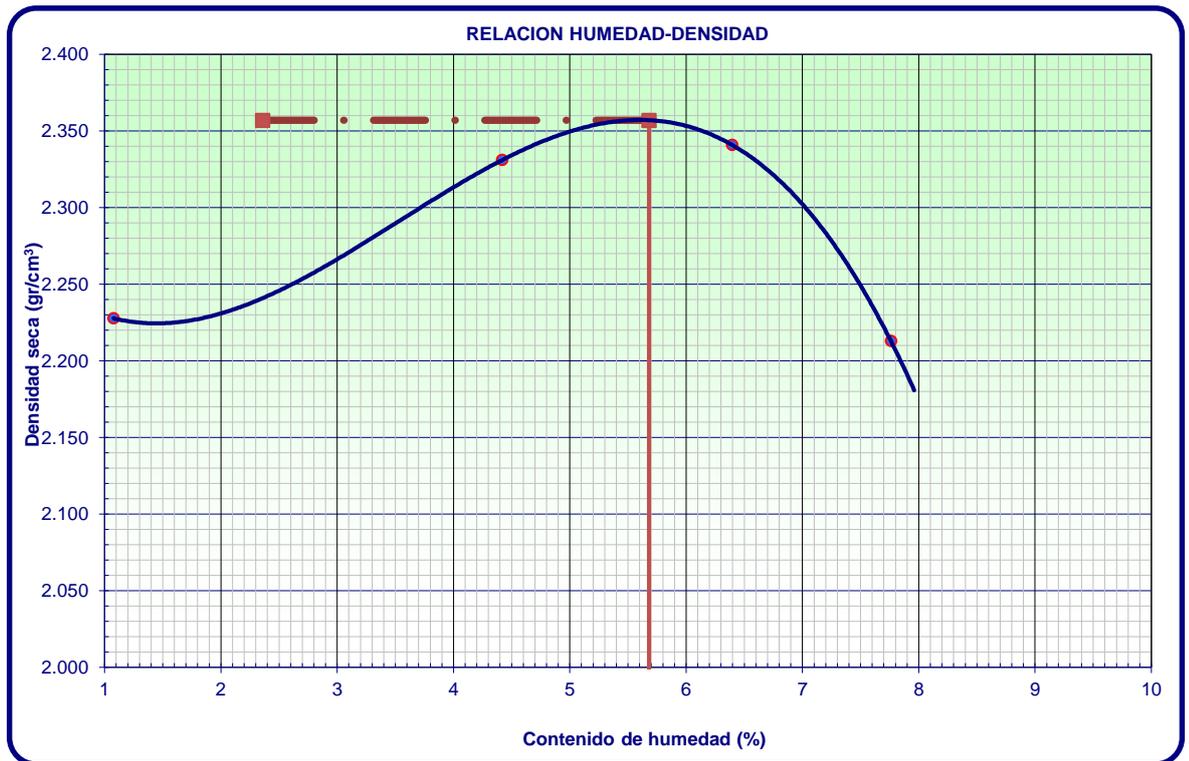
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO POR:** ING. MILLER RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11185	11565	11683	11462	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4695	5075	5193	4972	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.252	2.434	2.491	2.385	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	215.8	245.2	226.1	289.3	
Peso del suelo seco + tara	gr.	214.1	237.0	216.0	272.0	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	1.7	8.2	10.1	17.3	
Peso del suelo seco	gr.	157.8	185.6	157.9	222.9	

Contenido de agua	%	1.1	4.4	6.4	7.8	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.228	2.331	2.341	2.213	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	2.357
					Humedad óptima (%)	5.680



**Observaciones**

:

ADICION 3%

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA** CHUPURO  
:  
MUESTRA

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.357 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.68 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>13095</b>	<b>12761</b>	<b>12693</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5261	5012	4762
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.490	2.372	2.247
Humedad	(%)	6.480	6.120	5.950
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.338</b>	<b>2.235</b>	<b>2.121</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>238.30</b>	<b>245.10</b>	<b>287.60</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>227.00</b>	<b>234.20</b>	<b>274.30</b>
Peso del Agua	(g)	11.30	10.90	13.30
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	174.40	178.00	223.70
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>6.48</b>	<b>6.12</b>	<b>5.95</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL		EXPANSION N		DIAL		EXPANSION N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	131.5			<b>0.64</b>	69.8			<b>0.64</b>	47.8		
0.050		<b>1.27</b>	356.3			<b>1.27</b>	99.2			<b>1.27</b>	82.3		
0.075		<b>1.91</b>	579.7			<b>1.91</b>	218.9			<b>1.91</b>	147.7		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	862.5	862.50	86.2	<b>2.54</b>	357.8	357.78	35.8	<b>2.54</b>	202.0	202.03	20.2

0.125		<b>3.18</b>	1037.3			<b>3.18</b>	421.7			<b>3.18</b>	227.7		
0.150		<b>3.81</b>	1282.0			<b>3.81</b>	480.5			<b>3.81</b>	290.2		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1523.3	1523.3 0	101. 6	<b>5.08</b>	668.5	668.55	44.6	<b>5.08</b>	365.9	365.86	24.4
0.300		<b>7.62</b>	1841.9			<b>7.62</b>	924.2			<b>7.62</b>	515.7		
0.400		<b>10.16</b>	1998.2			<b>10.16</b>	1099. 9			<b>10.16</b>	628.9		
0.500		<b>13</b>	2348.7			<b>13</b>	1412. 8			<b>13</b>	692.1		



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA :**

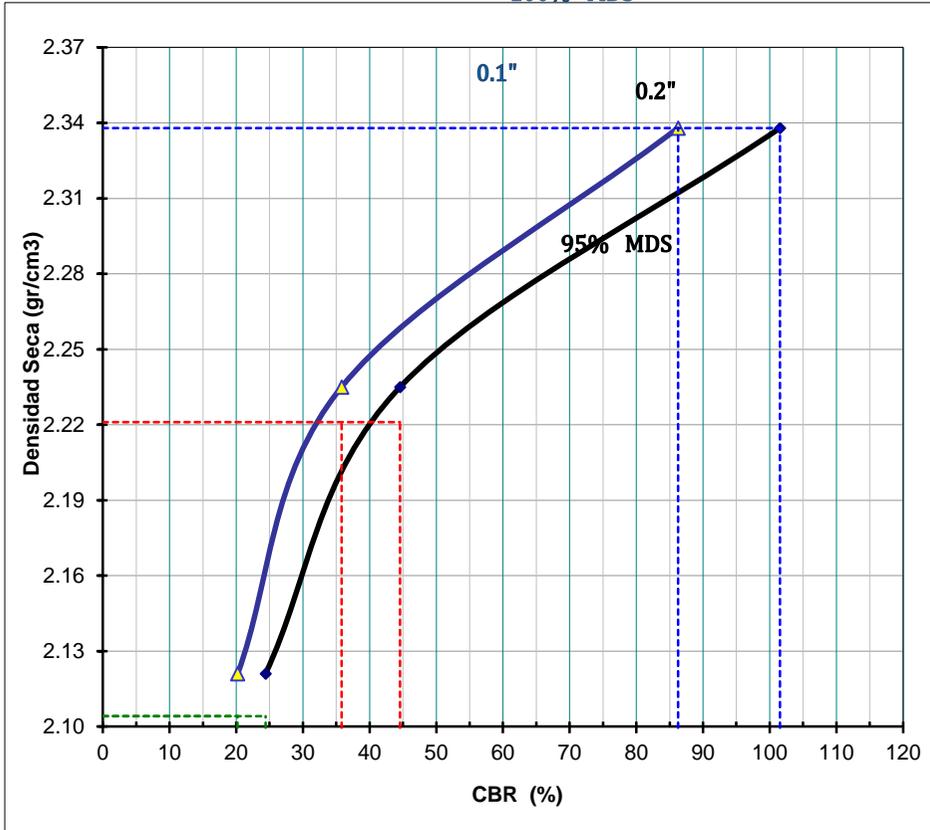
**APROBADO  
POR :**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

---

**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

100% MDS



**RESULTADOS**

:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>95.6</b>	<b>0.2":</b>	<b>112.1</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>37.8</b>	<b>0.2":</b>	<b>46.9</b>

Datos del Proctor

<b>Densidad Seca</b>	2.357	g/cm <sup>3</sup>
<b>Optimo</b>	5.68	%
<b>Humedad</b>		

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL +  
3%

---

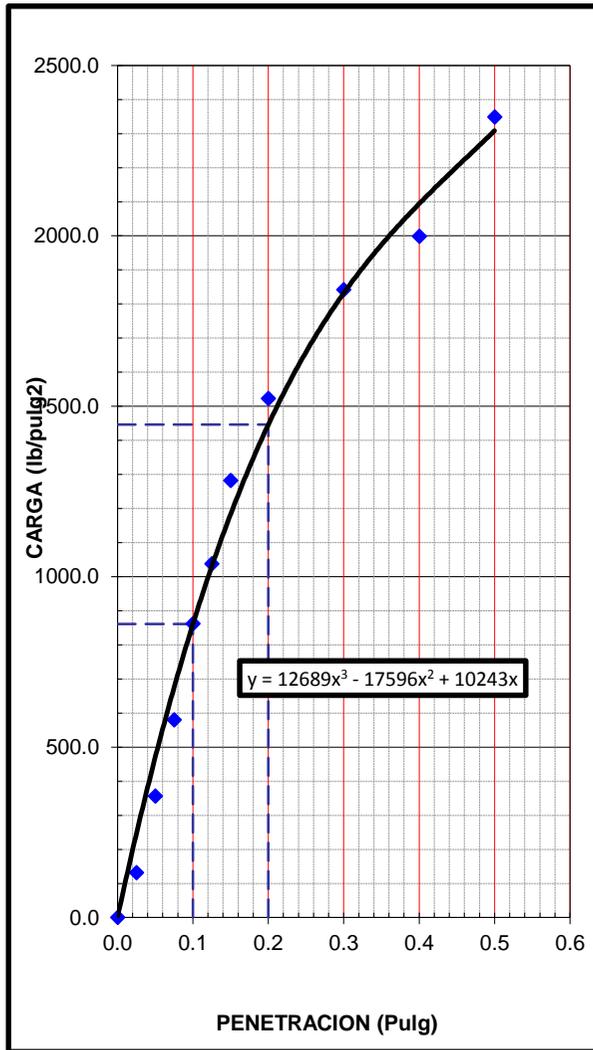


---

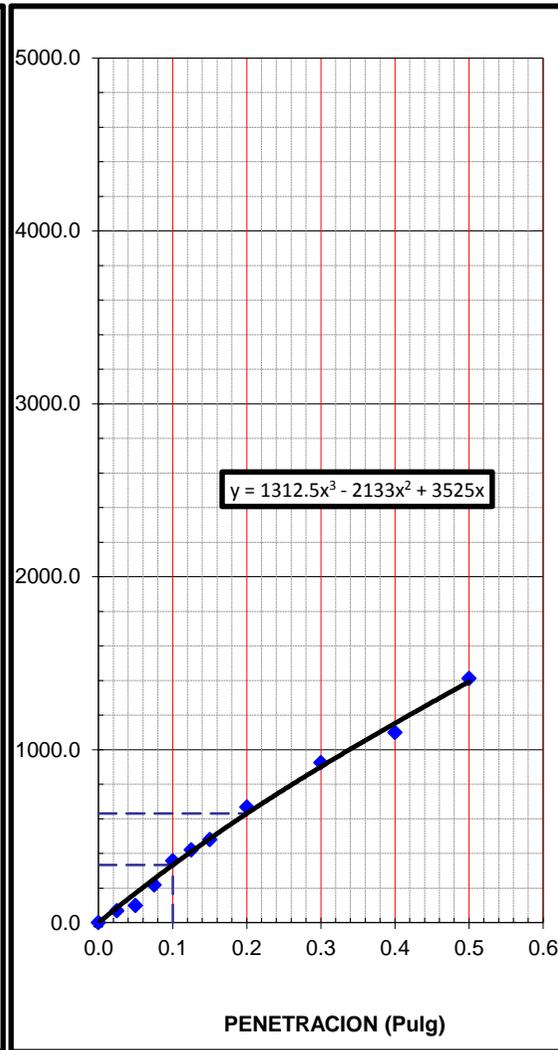


---

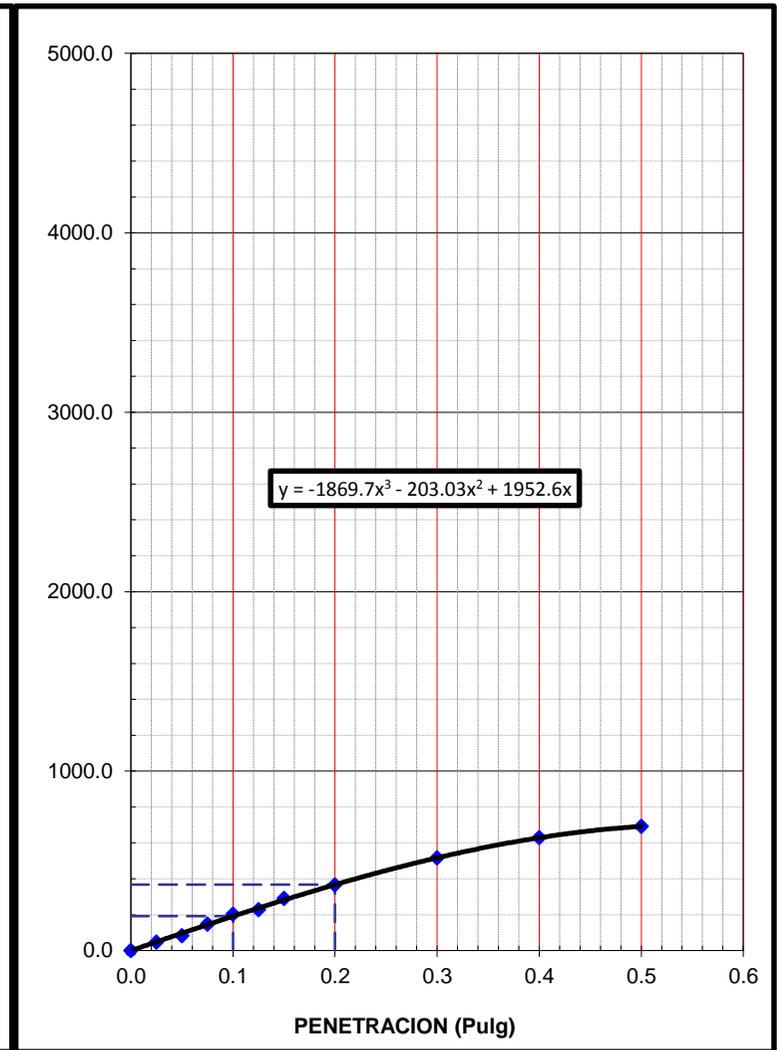
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 10 GOLPES



**LABORATORIO DE MECANICA DE  
SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE  
GRANULAR

**PROVINNCIA** HUANCAYO **DEPARTAMEN**  
**TO:** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS **FECHA:** 19/03/20  
18

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA  
MODIFICADA**

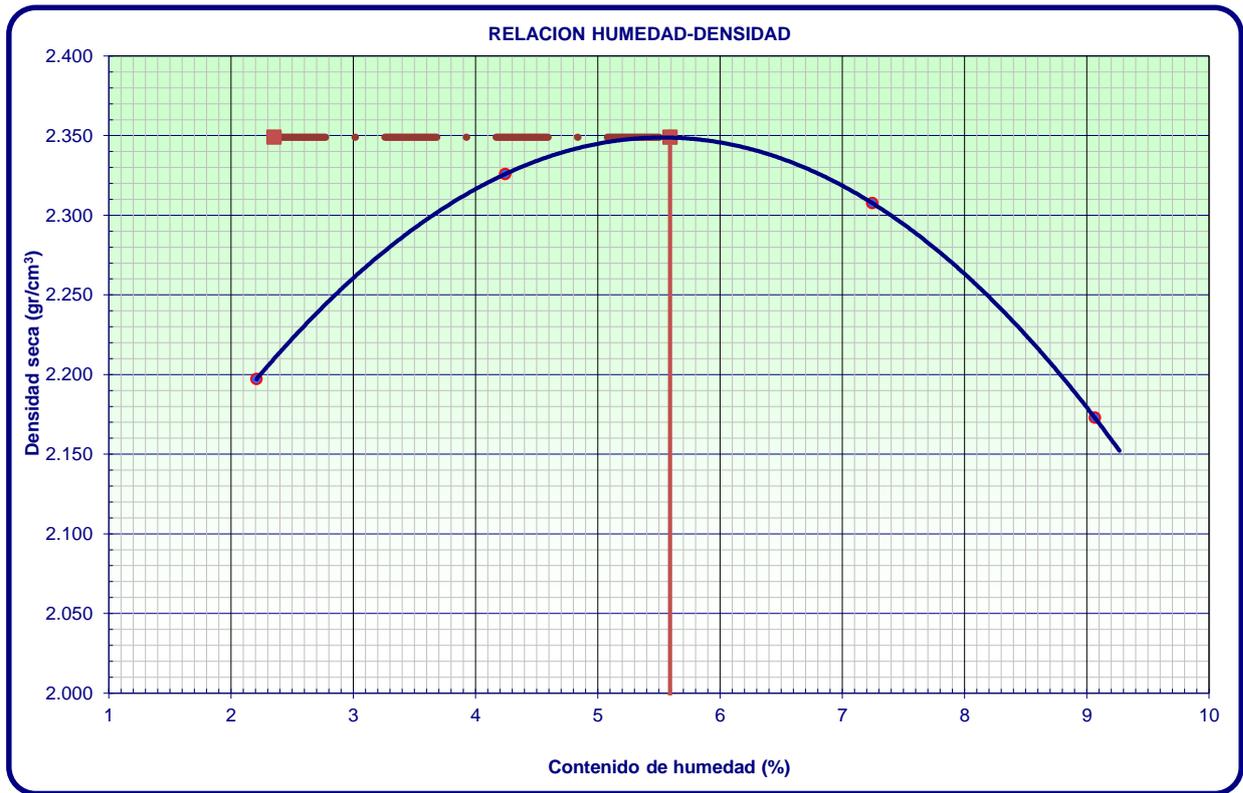
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO**  
**POR:** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11172	11545	11650	11431	
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4682	5055	5160	4941	
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.246	2.424	2.475	2.370	
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	315.6	378.3	314.2	328.2	
Peso del suelo seco + tara	gr.	310.0	365.0	296.9	305.0	
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1	
Peso de agua	gr.	5.6	13.3	17.3	23.2	

Peso del suelo seco	gr.	253.7	313.6	238.8	255.9	
Contenido de agua	%	2.2	4.2	7.2	9.1	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.197</b>	<b>2.326</b>	<b>2.308</b>	<b>2.173</b>	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.349</b>
					Humedad óptima (%)	<b>5.590</b>



**Observacion**

es:

ADICION 3.5%

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI**  
**A** : HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA** : 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA**  
:  
CHUPURO

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.349 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.59 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12992</b>	<b>12752</b>	<b>12641</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5158	5003	4710
Volumen del molde	(cm <sup>3</sup> )	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm <sup>3</sup> )	2.441	2.368	2.223
Humedad	(%)	5.600	5.670	5.590
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>2.312</b>	<b>2.241</b>	<b>2.105</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>258.30</b>	<b>214.60</b>	<b>245.10</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>247.40</b>	<b>206.10</b>	<b>234.80</b>
Peso del Agua	(g)	10.90	8.50	10.30
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	194.80	149.90	184.20
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.60</b>	<b>5.67</b>	<b>5.59</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL		EXPANSION N		DIAL		EXPANSION N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	71.5			<b>0.64</b>	38.8			<b>0.64</b>	37.8		
0.050		<b>1.27</b>	282.3			<b>1.27</b>	65.3			<b>1.27</b>	63.3		
0.075		<b>1.91</b>	544.7			<b>1.91</b>	186.9			<b>1.91</b>	99.8		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	712.9	712.90	71.3	<b>2.54</b>	333.8	333.78	33.4	<b>2.54</b>	150.0	150.03	15.0

0.125		<b>3.18</b>	1025.3			<b>3.18</b>	332.7			<b>3.18</b>	212.7		
0.150		<b>3.81</b>	1232.0			<b>3.81</b>	409.5			<b>3.81</b>	253.2		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1502.3	1502.3 0	100. 2	<b>5.08</b>	579.5	579.55	38.6	<b>5.08</b>	319.9	319.86	21.3
0.300		<b>7.62</b>	1808.9			<b>7.62</b>	862.2			<b>7.62</b>	479.7		
0.400		<b>10.16</b>	1952.2			<b>10.16</b>	1078. 9			<b>10.16</b>	563.9		
0.500		<b>13</b>	2269.7			<b>13</b>	1362. 8			<b>13</b>	647.1		



INGENIERÍA DE CALIDAD EN CONCRETO, SUELOS ASFALTO E HIDRÁULICA S.A.C.

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO **DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS **FECHA :** 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO **HECHO POR :** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA :** **APROBADO** ING. MILLER  
**POR :** RODRIGUEZ

---

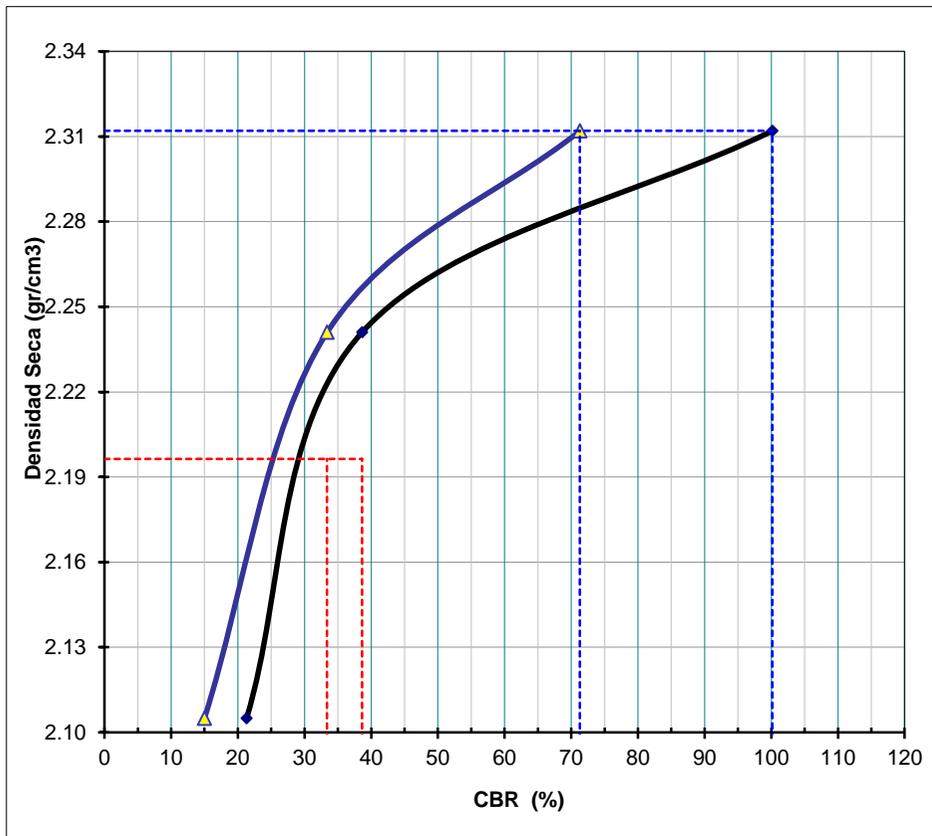
**GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

100% MDS

303

0.1"

0.2"



**EC = 56 GOLPES**

**EC = 25 GOLPES**

**EC = 10 GOLPES**

**RESULTADO**

**S:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>91.0</b>	<b>0.2":</b>	<b>132.2</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>32.1</b>	<b>0.2":</b>	<b>37.4</b>

Datos del Proctor		
Densidad Seca Optimo	2.349	g/cm3
Humedad	5.59	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL +  
3.5%

---



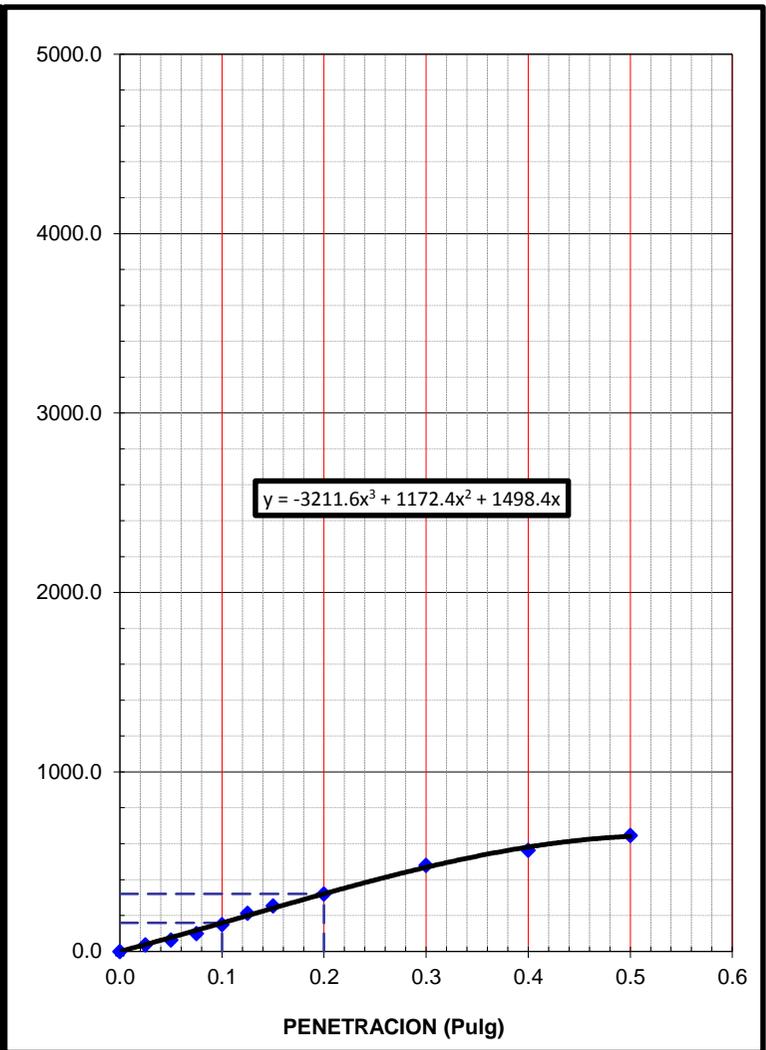
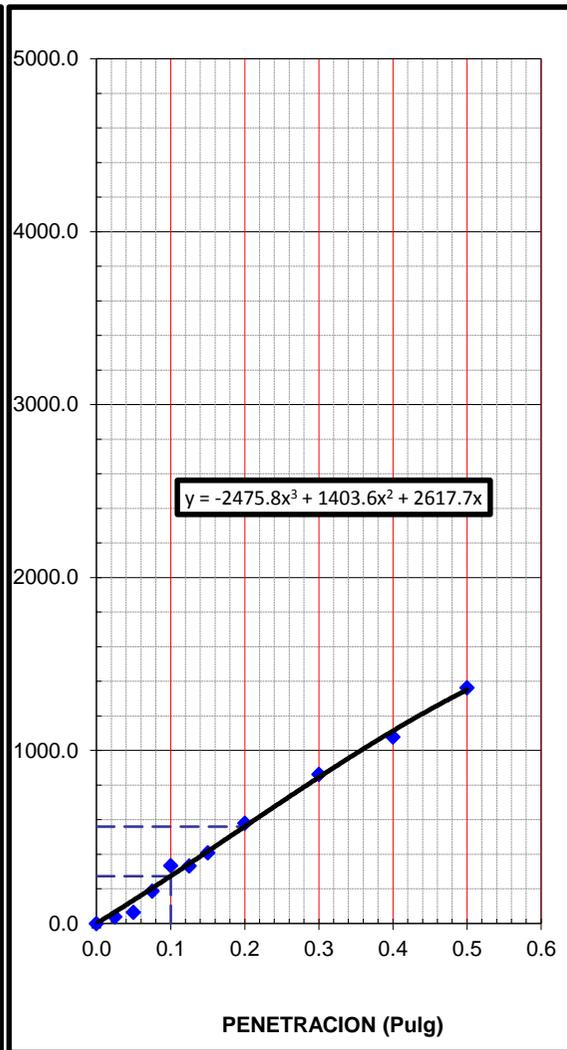
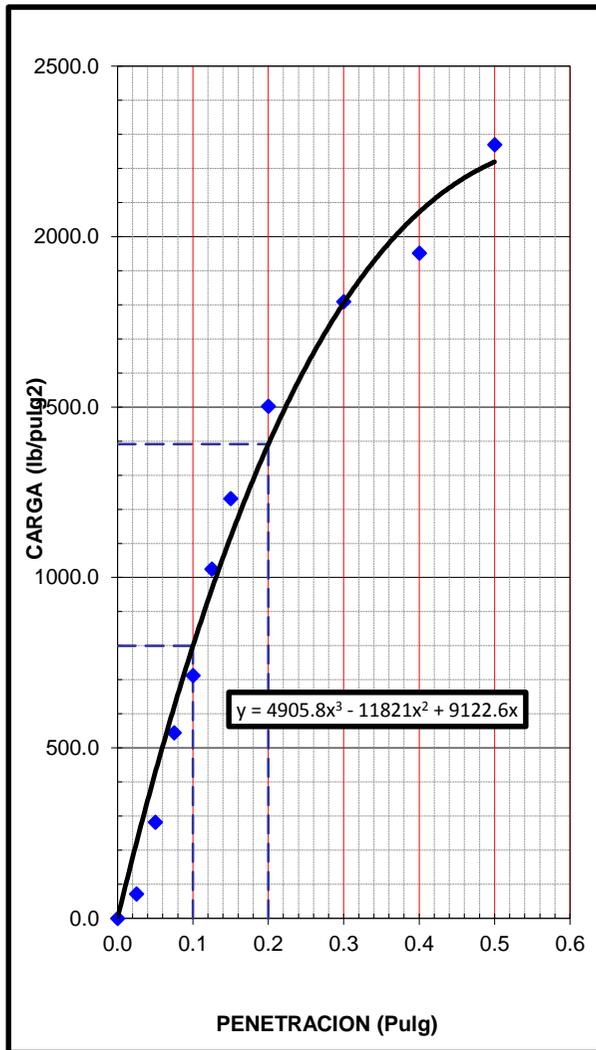
---



---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE  
SUELOS**

**TEMA:** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE BASE  
GRANULAR

**PROVINNCIA** HUANCAYO **DEPARTAMEN**  
**TO:** JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS **FECHA:** 19/03/20  
18

**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO ENERGIA  
MODIFICADA**

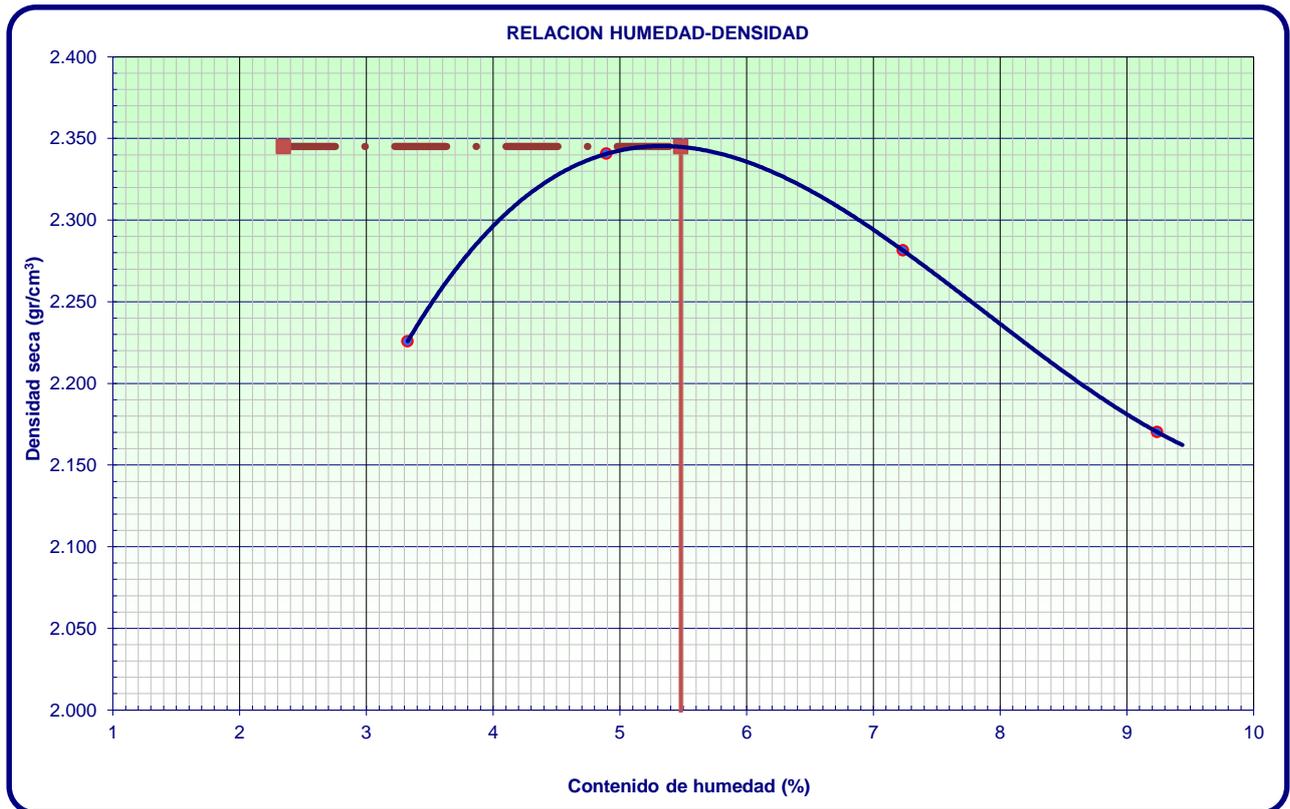
**MTC E 116**

**CANTERA:** CHUPURO **APROBADO**  
**POR:** ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA:** 1

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	11285	11609	11591	11433
Peso molde + base	gr.	6490	6490	6490	6490
Peso suelo húmedo compactado	gr.	4795	5119	5101	4943
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	2.300	2.455	2.447	2.371
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	258.3	274.3	298.3	291.5
Peso del suelo seco + tara	gr.	251.8	263.9	282.1	271.0
Peso de Tara	gr.	56.3	51.4	58.1	49.1
Peso de agua	gr.	6.5	10.4	16.2	20.5

Peso del suelo seco	gr.	195.5	212.5	224.0	221.9	
Contenido de agua	%	3.3	4.9	7.2	9.2	
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.226</b>	<b>2.341</b>	<b>2.282</b>	<b>2.170</b>	
					Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	<b>2.345</b>
					Humedad óptima (%)	<b>5.480</b>



**Observacion**

es:

ADICION 4%

---



---



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO** TRABAJO DE INVESTIGACION ESTABILIZACION DE  
:  
BASE GRANULAR

**PROVINCI  
A** : HUANCAYO

**DEPARTAMENTO** : JUNIN

**CLIENTE** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
:  
RAMOS

**FECHA** : 02-04-18

**ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.)  
( MTC E132 )**

**CANTERA**  
:  
CHUPURO

**MUESTRA**  
:  
M - 1

**HECHO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**APROBADO POR** : ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**DATOS DEL  
PROCTOR**

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	2.345 g/cm <sup>3</sup>
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	5.48 %

CAPACIDAD	<b>10000</b>	Lbs.
D :		
ANILLO	<b>1</b>	
:		

Molde N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
N° Capa		<b>5</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
Golpes por capa N°		<b>56</b>	<b>25</b>	<b>12</b>
Cond. de la muestra		<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>	<b>NO SATURADO</b>
Peso molde + suelo húmedo	(g)	<b>12982</b>	<b>12745</b>	<b>12640</b>
Peso de molde	(g)	<b>7834</b>	<b>7749</b>	<b>7931</b>
Peso del suelo húmedo	(g)	5148	4996	4709
Volumen del molde	(cm3)	<b>2113</b>	<b>2113</b>	<b>2119</b>
Densidad húmeda	(g/cm3)	2.436	2.364	2.222
Humedad	(%)	5.800	6.470	5.660
<b>Densidad seca</b>	<b>(g/cm3)</b>	<b>2.302</b>	<b>2.220</b>	<b>2.103</b>
Tarro N°		<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
Tarro + Suelo húmedo	(g)	<b>245.90</b>	<b>248.60</b>	<b>278.30</b>
Tarro + Suelo seco	(g)	<b>235.30</b>	<b>236.90</b>	<b>266.10</b>
Peso del Agua	(g)	10.60	11.70	12.20
Peso del tarro	(g)	<b>52.60</b>	<b>56.20</b>	<b>50.60</b>

Peso del suelo seco	(g)	182.70	180.70	215.50
<b>Humedad</b>	<b>(%)</b>	<b>5.80</b>	<b>6.47</b>	<b>5.66</b>

EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO O Hr.	DIAL		EXPANSION N		DIAL		EXPANSION N			
			mm	%	mm	%	mm	%				
		0										
		24	<b>NO HAY EXPANSION NI ASENTAMIENTO</b>									
		48										
		72										
		96										
		96										

PENETRACION													
PENETRACION	CARGA A STAND · lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 10			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pulg 2	%
0.000		<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0			<b>0</b>	0.0		
0.025		<b>0.64</b>	128.8			<b>0.64</b>	111.2			<b>0.64</b>	89.3		
0.050		<b>1.27</b>	345.7			<b>1.27</b>	282.3			<b>1.27</b>	100.8		
0.075		<b>1.91</b>	598.3			<b>1.91</b>	345.2			<b>1.91</b>	124.9		
0.100	1000.0	<b>2.54</b>	698.2	698.20	69.8	<b>2.54</b>	410.3	410.30	41.0	<b>2.54</b>	145.9	145.90	14.6

0.125		<b>3.18</b>	1085.3			<b>3.18</b>	689.3			<b>3.18</b>	245.9		
0.150		<b>3.81</b>	1314.7			<b>3.81</b>	799.8			<b>3.81</b>	299.3		
0.200	1500.0	<b>5.08</b>	1498.3	1498.3 0	99.9	<b>5.08</b>	824.3	824.30	55.0	<b>5.08</b>	319.3	319.30	21.3
0.300		<b>7.62</b>	1845.6			<b>7.62</b>	1203. 5			<b>7.62</b>	428.9		
0.400		<b>10.16</b>	1945.8			<b>10.16</b>	1625. 3			<b>10.16</b>	524.9		
0.500		<b>13</b>	2249.2			<b>13</b>	1895. 3			<b>13</b>	578.3		



### LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

**PROYECTO :** TRABAJO DE INVESTIGACION  
ESTABILIZACION DE BASE GRANULAR

**PROVINCIA :** HUANCAYO

**DEPARTAMENTO :** JUNIN

**CLIENTE :** CRISTOPHER EMERSON LAPA  
RAMOS

**FECHA :** 02-04-18

### **ENSAYO VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) ( MTC E132 )**

**CANTERA :** CHUPURO

**HECHO POR**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

**MUESTRA :**

**APROBADO  
POR :**

ING. MILLER  
RODRIGUEZ

---

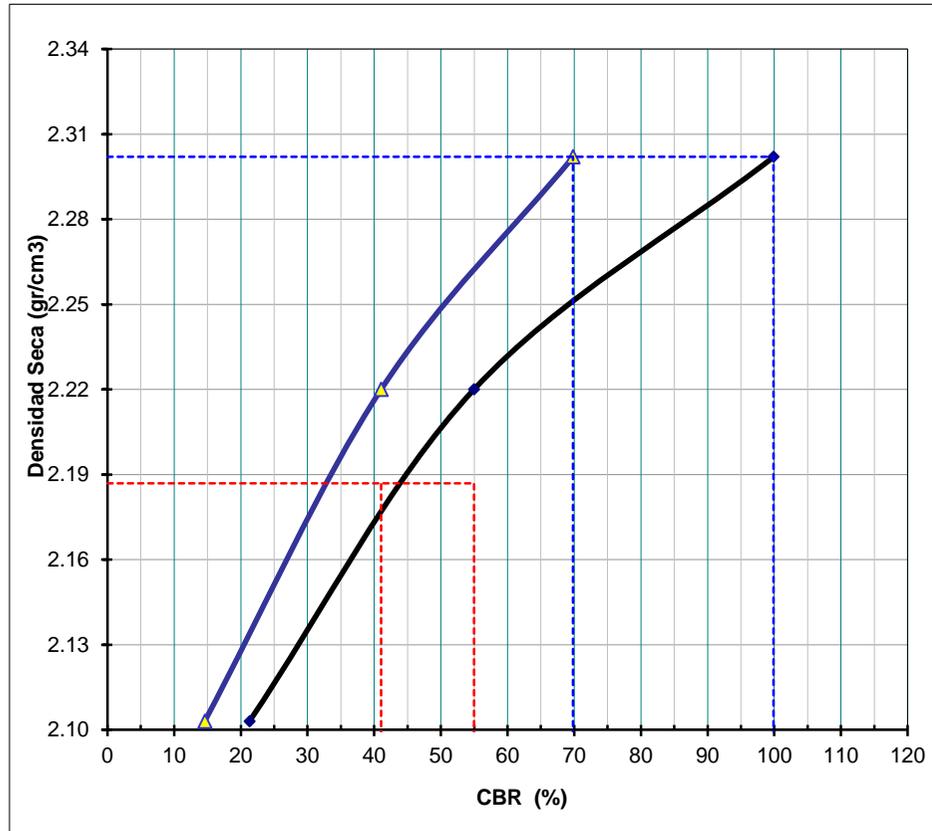
### **GRAFICO DE PENETRACION DE CBR**

100% MDS

312

0.1"

0.2"



**EC = 56 GOLPES**

**EC = 25 GOLPES**

**EC = 10 GOLPES**

**RESULTADO**

**S:**

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>84.9</b>	<b>0.2":</b>	<b>123.4</b>
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	<b>0.1":</b>	<b>43.8</b>	<b>0.2":</b>	<b>59.2</b>

Datos del Proctor		
<b>Densidad Seca</b>	2.345	g/cm3
<b>Optimo Humedad</b>	5.48	%

**OBSERVACIONES:**

- MATERIAL NATURAL +  
4%

---



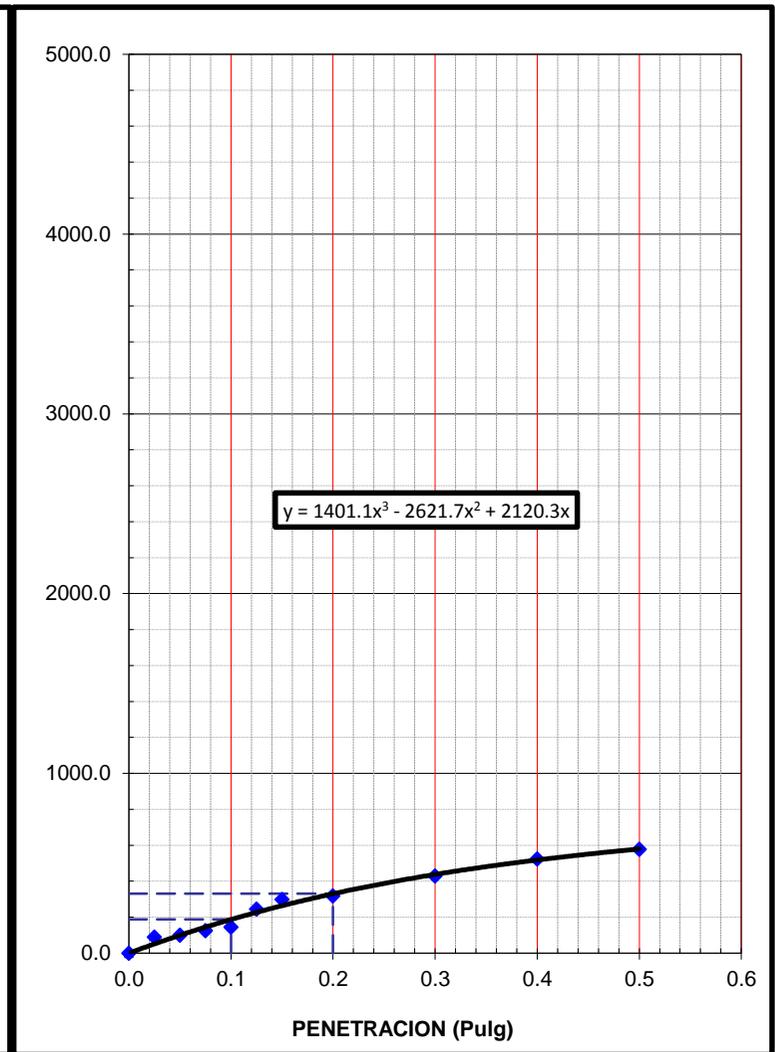
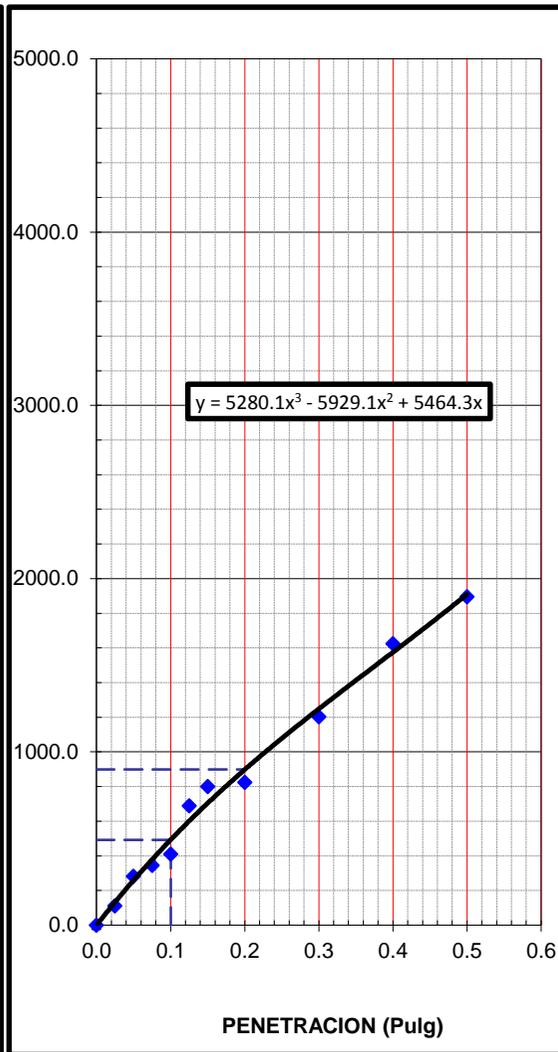
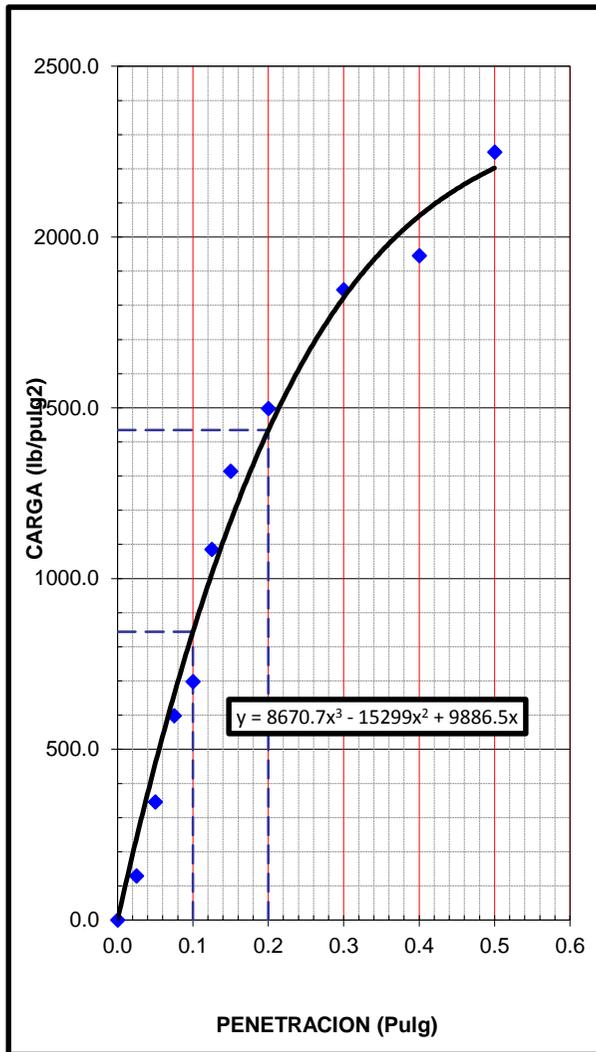
---



---



---



**PANEL FOTOGRAFICO**

**FOTO 1**

**Cuarteo del material**



**FOTO 2**

**Tamices usados para Granulometría**



**FOTO 3**

**Límite de Consistencia**



**FOTO 4**

**Limite Plástico**



**FOTO 5**  
**Prueba Limite Plastico**



**FOTO 6**  
**Corte del Caucho**



**FOTO 7**

**Fibra de caucho reciclado**



**FOTO 8**

**Equipo para CBR 1**



**FOTO 9**

**Equipo para prueba de CBR**



**FOTO 10**

**Tamizado de la muestra para ensayo de CBR**



**FOTO 11**

**Fibra de caucho reciclado 3.00%**



**FOTO 12**

**Fibra de caucho reciclado 3.5%**



**FOTO 13**

**BASE GRANULAR CON 2.0% DE FIBRA DE CAUCHO**



**FOTO 14**

**318gr de Agua - 5.3% de C.H**



**FOTO 15**

**Muestra total de 6 Kg.**



**FOTO 16**

**Pesaje del agua a incorporar**



**FOTO 17**

**Base granular + agua + fibra de caucho**



**FOTO 18**

**Mezcla de material, agua y fibra de caucho**



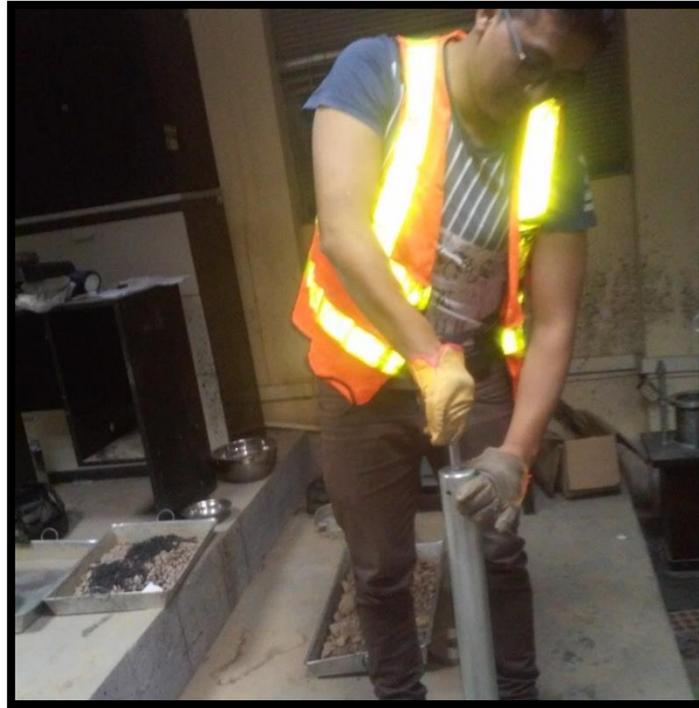
**FOTO 19**

**Colocación de la mezcla en el Molde**



**FOTO 20**

**Compactación del material de Base.**



**FOTO 21**

**Retiro del Collarín**



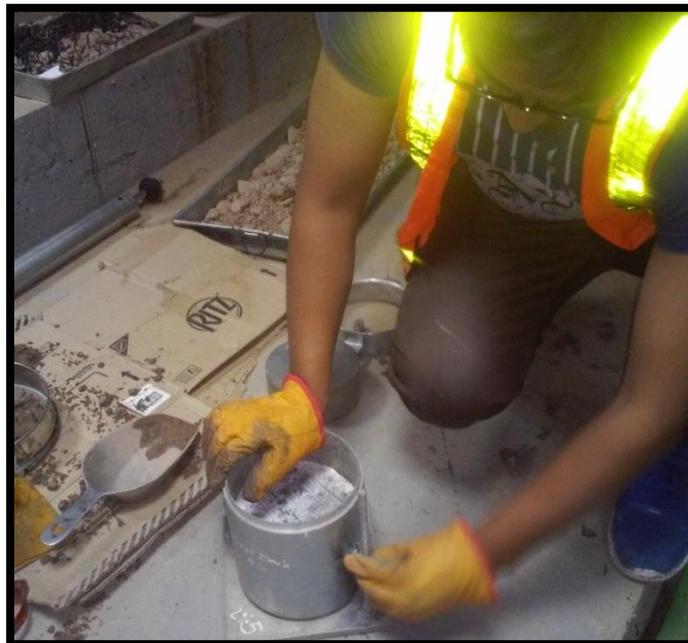
**FOTO 22**

**Medición del Peso Total del Molde + Material**



**FOTO 23**

**Colocación de Papel filtro**



**FOTO 24**  
**Colocación de anillos**



**FOTO 25**  
**Sumersión de la muestra**



**FOTO 26**

**Colocación del dial para Prueba de Expansión**



**FOTO 27**

**Lectura del dial - Prueba de Expansión**



**FOTO 28**

**Pesaje de Muestra Seca**



**FOTO 29**

**MOLDE COMPACTADO**



**FOTO 30**  
**Prueba de CBR**

