

UNIVERSIDAD PERUANA LOS ANDES
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS:

**“ADICION DE MORTERO DE CEMENTO EN LA BASE
GRANULAR PARA REDUCIR EL BOMBEO DE PAVIMENTOS
RIGIDOS, EVALUADO MEDIANTE EL ENSAYO DE GUILOW”**

PRESENTADO POR:

Bach. PERCY LUIS CONDORI VARGAS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO CIVIL

HUANCAYO - PERÚ

2018

ASESOR:
ING. ALCIDES LUIS FABIAN BRAÑEZ

DEDICATORIA:

Dedicado a las personas que siempre estuvieron conmigo, en las buenas y malas sin perder la esperanza que este anhelo podría hacerse realidad. Mi Amada Esposa, quien es mi compañera ideal y siempre ha confiado en mí. Mis dos grandes tesoros, mis retoños Reggy y Yerik quienes bajo su amor incondicional impulsaron esta gesta que ahora se hace realidad.

AGRADECIMIENTO:

Antes que nada, gracias Padre Celestial por haberme dado dones tan especiales que me ayudaron a pelear la buena batalla, acabar la carrera, y llegar.

A Doris, mi amada esposa, por ser mi fuente de inspiración en todos los aspectos de mi vida, demostrándome amor, cariño, lealtad y comprensión durante cada paso de mi vida.

Amados Padres, gracias por su cariño y comprensión, siempre a mi lado aconsejándome para salir triunfante de mis retos y fortaleciéndome en mis momentos de debilidad.

HOJA DE CONFORMIDAD DEL JURADO

DR. CASIO AURELIO TORRES LOPEZ
DECANO FACULTAD INGENIERIA

ING. VLADIMIR ORDOÑEZ CAMPOSANO
JURADO

ING. MARIA LUISA MUERAS GUTIERREZ
JURADO

ING. MARCO ANTONIO SALCEDO RODRIGUEZ
JURADO

MG. MIGUEL ANGEL CARLOS CANALES
SECRETARIO DOCENTE

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA:	II
AGRADECIMIENTO:	III
ÍNDICE DE CONTENIDOS	V
LISTA DE TABLAS	XI
LISTA DE FIGURAS.....	XVIII
RESUMEN	XXIV
ABSTRACT.....	XXV
INTRODUCCIÓN	XXVI
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA DE INVESTIGACION	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.1.1. Problemática internacional	1
1.1.2. Problemática Nacional.....	1
1.1.3. Problemática Local	2
1.2. Formulación y Sistematización del Problema.....	2
1.2.1. Problema General	2
1.2.2. Problemas Específicos	2
1.3. Justificación	2
1.3.1. Justificación Práctica o Social	2
1.3.2. Justificación Metodológica.....	3
1.4. Delimitaciones	3
1.4.1. Delimitación Espacial.....	3
1.4.2. Delimitación Temporal.....	3

1.4.3.	Delimitación Temporal.....	3
1.5.	Limitaciones.....	3
1.5.1.	Limitación Tecnológica.....	3
1.5.2.	Limitación Económica.....	3
1.6.	Objetivos.....	4
1.6.1.	Objetivo General.....	4
1.6.2.	Objetivos Específicos	4
CAPITULO II.....		5
MARCO TEÓRICO.....		5
2.1.	Antecedentes	5
2.1.1.	Antecedente Internacional	5
2.1.2.	Antecedente Nacional.....	6
2.2.	Marco Conceptual.....	7
2.2.1.	Pavimento	7
2.2.2.	Pavimento Rígido	8
2.2.2.1.	Tipos de Pavimento Rígido:.....	9
2.2.2.2.	Ventajas de un Pavimento Rígido:.....	10
2.2.2.3.	Desventajas de un Pavimento Rígido:.....	11
2.2.2.4.	Elementos que integran un Pavimento Rígido.	11
2.2.3.	Cemento.....	12
2.2.3.1.	Composición del Cemento Portland.....	13
2.2.3.2.	Tipos de Cemento Portland.....	14
2.2.3.3.	Tipos de Cemento Portland Adicionados;.....	15
2.2.4.	Evaluación de Pavimentos.....	15
2.2.4.1.	Tipos de Fallas en Pavimentos	15

2.2.5.	Fallas en Pavimento Rígido	16
2.2.6.	Deformaciones en los Pavimentos Rígidos	21
2.2.6.1.	Baches en los Pavimentos Rígidos.....	22
2.2.6.2.	Descascaramientos y Escamaduras	23
2.2.6.3.	Juntas.....	24
2.2.7.	Bombeo.....	25
2.2.8.	Estudios De Mecánica De Suelos:.....	27
2.2.8.1.	Ensayo de Granulometría	27
2.2.8.2.	Contenido De Humedad	28
2.2.8.3.	Ensayo de Limites de Atterberg	29
2.2.8.4.	Ensayo de Proctor modificado	30
2.2.8.5.	Ensayo de CBR	31
2.2.9.	Ensayo de Guilow.....	32
2.3.	Definición de términos.....	33
2.4.	Hipótesis de la Investigación	34
2.4.1.	Hipótesis General	34
2.4.2.	Hipótesis Específicas	34
2.5.	Variables	34
2.5.1.	Definición conceptual de la variable	34
2.6.	Definición Operacional De Variables	34
2.7.	Operacionalizacion de la Variable	34
CAPITULO III.....		36
METODOLOGÍA.....		36
3.1.	Método de investigación	36
3.2.	Tipo de Investigación.....	36

3.3.	Nivel de Investigación	36
3.4.	Diseño de Investigación.....	36
3.5.	Población y Muestra	37
3.5.1.	Población	37
3.5.2.	Muestra	37
3.6.	Técnicas e Instrumentos para recolección de datos	37
3.6.1.	Técnicas	37
3.6.2.	Instrumentos	37
3.7.	Procesamiento de la información.....	38
3.8.	Técnicas y análisis de datos	38
	Capitulo IV.....	39
	Resultados.....	39
4.1.	Descripción De Resultados	39
4.2.	Análisis De Material En Estado Natural	39
4.2.1.	Contenido de Humedad	39
4.2.2.	Granulometría.....	40
4.2.3.	Límites de Consistencia.....	41
4.2.4.	Compactación De Suelo Utilizando Energía Modificada – Proctor Modificado	43
4.2.5.	Valor CBR	46
4.3.	Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 1.75	53
4.3.1.	Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 1.75.....	53
4.3.2.	Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 1.75.....	59
4.3.3.	Valor CBR 1% de cemento, A/C = 1.75.....	65
4.3.4.	Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 1.75.....	72
4.3.5.	Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 1.75.....	78

4.4.	Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2	84
4.4.1.	Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.....	84
4.4.2.	Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.....	90
4.4.3.	Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.....	96
4.4.4.	Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.....	102
4.4.5.	Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.....	108
4.5.	Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2.25	114
4.5.1.	Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.25.....	115
4.5.2.	Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.25.....	121
4.5.3.	Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.25.....	127
4.5.4.	Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.25.....	133
4.5.5.	Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.25.....	139
4.6.	Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2.5	145
4.6.1.	Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.5.....	146
4.6.2.	Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.5.....	152
4.6.3.	Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.5.....	158
4.6.4.	Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.5.....	164
4.6.5.	Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.5.....	170
4.7.	Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2.75	176
4.7.1.	Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.75.....	177
4.7.2.	Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.25.....	182
4.7.3.	Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.75.....	188
4.7.4.	Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.75.....	194
4.7.5.	Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.75.....	201
4.8.	Análisis de Guilow.....	207

4.9.	Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1” Con A/C =1.75	210
4.10.	Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1” Con A/C = 2.0.....	216
4.11.	Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1” Con A/C = 2.25.....	222
4.12.	Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1” Con A/C = 2.50.....	228
4.13.	Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1” Con A/C = 2.75.....	234
4.14.	Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 1.75.....	240
4.15.	Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.0.....	246
4.16.	Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.25.....	252
4.17.	Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.5.....	258
4.18.	Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.75.....	264
4.19.	Resumen De Resultados.....	270
	Capítulo V.....	275
	Discusion de resultados.....	275
	Conclusiones	277
	Recomendaciones	278
	Referencias Bibliográficas	279
	Anexos	280
	Matriz De Consistencia.....	280

LISTA DE TABLAS

TABLA 1 <i>CRITERIO DE CLASIFICACIÓN PARA LA RESISTENCIA A LA EROSIÓN</i>	33
TABLA 2 <i>ENSAYO DE GRANULOMETRÍA MTC E 108</i>	39
TABLA 3 <i>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO</i>	40
TABLA 4 <i>GRADACIÓN A</i>	41
TABLA 5 <i>LÍMITE LÍQUIDO</i>	42
TABLA 6 <i>LÍMITE PLÁSTICO</i>	43
TABLA 7 <i>LÍMITES DE CONSISTENCIA</i>	43
TABLA 8 <i>PRIMER ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</i>	44
TABLA 9 <i>SEGUNDO ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</i>	44
TABLA 10 <i>TERCER ENSAYO PROCTOR MODIFICADO</i>	45
TABLA 11 <i>RESULTADOS DENSIDAD, HUMEDAD ÓPTIMA – PRIMER ENSAYO</i>	46
TABLA 12 <i>REQUISITOS DE BASE GRANULAR</i>	46
TABLA 13 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO</i>	46
TABLA 14 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO</i>	47
TABLA 15 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO</i>	47
TABLA 16 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO</i>	48
TABLA 17 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO</i>	49
TABLA 18 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO</i>	49
TABLA 19 <i>RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO</i>	52
TABLA 20 <i>PESOS AGUA CEMENTO A/C = 1.75</i>	53
TABLA 21 <i>REQUISITOS DE BASE GRANULAR</i>	53
TABLA 22 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO</i>	54
TABLA 23 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO</i>	54
TABLA 24 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO</i>	55
TABLA 25 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO</i>	56
TABLA 26 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO</i>	56
TABLA 27 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO</i>	56
TABLA 28 <i>RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO</i>	59
TABLA 29 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO</i>	59
TABLA 30 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO</i>	60
TABLA 31 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO</i>	60
TABLA 32 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO</i>	61
TABLA 33 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO</i>	62
TABLA 34 <i>DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO</i>	62
TABLA 35 <i>RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO</i>	65
TABLA 36 <i>DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO</i>	65

TABLA 37 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	66
TABLA 38 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	66
TABLA 39 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	67
TABLA 40 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	68
TABLA 41 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	68
TABLA 42 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	71
TABLA 43 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	72
TABLA 44 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	72
TABLA 45 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	73
TABLA 46 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	74
TABLA 47 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	74
TABLA 48 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	75
TABLA 49 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	77
TABLA 50 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	78
TABLA 51 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	78
TABLA 52 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	79
TABLA 53 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	80
TABLA 54 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	80
TABLA 55 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	81
TABLA 56 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	83
TABLA 57 PESOS AGUA CEMENTO A/C = 2	84
TABLA 58 REQUISITOS DE BASE GRANULAR.....	84
TABLA 59 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	84
TABLA 60 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	85
TABLA 61 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	85
TABLA 62 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	86
TABLA 63 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	87
TABLA 64 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	87
TABLA 65 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	90
TABLA 66 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	90
TABLA 67 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	91
TABLA 68 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	91
TABLA 69 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	92
TABLA 70 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	92
TABLA 71 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	93
TABLA 72 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	96
TABLA 73 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	96

TABLA 74 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	97
TABLA 75 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	97
TABLA 76 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	98
TABLA 77 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	98
TABLA 78 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	99
TABLA 79 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	102
TABLA 80 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	102
TABLA 81 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	103
TABLA 82 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	103
TABLA 83 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	104
TABLA 84 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	105
TABLA 85 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	105
TABLA 86 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	108
TABLA 87 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	108
TABLA 88 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	109
TABLA 89 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	109
TABLA 90 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	110
TABLA 91 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	111
TABLA 92 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	111
TABLA 93 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	114
TABLA 94 PESOS AGUA CEMENTO A/C = 2.25	114
TABLA 95 REQUISITOS DE BASE GRANULAR.....	114
TABLA 96 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	115
TABLA 97 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	115
TABLA 98 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	116
TABLA 99 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	117
TABLA 100 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	117
TABLA 101 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	118
TABLA 102 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	121
TABLA 103 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	121
TABLA 104 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	122
TABLA 105 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	122
TABLA 106 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.....	123
TABLA 107 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	124
TABLA 108 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	124
TABLA 109 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	127
TABLA 110 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	127

TABLA 111 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	128
TABLA 112 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	128
TABLA 113 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	129
TABLA 114 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	130
TABLA 115 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	130
TABLA 116 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	133
TABLA 117 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	133
TABLA 118 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	134
TABLA 119 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	134
TABLA 120 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	135
TABLA 121 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	136
TABLA 122 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	136
TABLA 123 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	139
TABLA 124 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	139
TABLA 125 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	140
TABLA 126 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	140
TABLA 127 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	141
TABLA 128 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	142
TABLA 129 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	142
TABLA 130 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO.	145
TABLA 131 PESOS AGUA CEMENTO A/C = 2.5.	145
TABLA 132 REQUISITOS DE BASE GRANULAR.	146
TABLA 133 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	146
TABLA 134 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	146
TABLA 135 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	147
TABLA 136 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	148
TABLA 137 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	148
TABLA 138 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	149
TABLA 139 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO.	152
TABLA 140 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	152
TABLA 141 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	153
TABLA 142 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	153
TABLA 143 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	154
TABLA 144 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	154
TABLA 145 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	155
TABLA 146 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO.	158
TABLA 147 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	158

TABLA 148 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO	159
TABLA 149 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	159
TABLA 150 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.....	160
TABLA 151 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	160
TABLA 152 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	161
TABLA 153 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	164
TABLA 154 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	164
TABLA 155 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	164
TABLA 156 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	165
TABLA 157 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.....	166
TABLA 158 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	166
TABLA 159 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	167
TABLA 160 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	170
TABLA 161 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	170
TABLA 162 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	170
TABLA 163 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	171
TABLA 164 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.....	172
TABLA 165 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	172
TABLA 166 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	173
TABLA 167 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO	176
TABLA 168 PESOS AGUA CEMENTO A/C = 2.75	176
TABLA 169 REQUISITOS DE BASE GRANULAR.....	176
TABLA 170 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	177
TABLA 171 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	177
TABLA 172 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	178
TABLA 173 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.....	178
TABLA 174 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	179
TABLA 175 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	179
TABLA 176 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO	182
TABLA 177 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	183
TABLA 178 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	183
TABLA 179 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	184
TABLA 180 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.....	184
TABLA 181 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	185
TABLA 182 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.....	185
TABLA 183 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO	188
TABLA 184 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	189

TABLA 185 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	189
TABLA 186 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	190
TABLA 187 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	190
TABLA 188 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	191
TABLA 189 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	191
TABLA 190 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO	194
TABLA 191 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	195
TABLA 192 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	195
TABLA 193 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	196
TABLA 194 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	196
TABLA 195 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	197
TABLA 196 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	197
TABLA 197 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO	200
TABLA 198 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – PRIMER ENSAYO.	201
TABLA 199 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – SEGUNDO ENSAYO.	201
TABLA 200 DATOS CBR DESPUÉS DEL COMPACTADO – TERCER ENSAYO.	202
TABLA 201 DATOS CBR - ESFUERZOS - PRIMER ENSAYO.	203
TABLA 202 DATOS CBR - ESFUERZOS - SEGUNDO ENSAYO.	203
TABLA 203 DATOS CBR - ESFUERZOS - TERCER ENSAYO.	204
TABLA 204 RESULTADO CBR AL 100% Y 95% DE MDS - PRIMER ENSAYO	207
TABLA 205 RESULTADOS ENSAYO DE GUILOW	207
TABLA 206 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 1.75.	210
TABLA 207 PRUEBAS DE NORMALIDAD CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 1.75	211
TABLA 208 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.	214
TABLA 209 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO CON CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 1.75	214
TABLA 210 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.0.	216
TABLA 211 PRUEBAS DE NORMALIDAD CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.0	217
TABLA 212 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.	220
TABLA 213 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO CON CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2	221
TABLA 214 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.25.	222
TABLA 215 PRUEBAS DE NORMALIDAD CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.25	223
TABLA 216 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.	226
TABLA 217 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO CON CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.25	227
TABLA 218 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.5.	228
TABLA 219 PRUEBAS DE NORMALIDAD CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.5	229
TABLA 220 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.	232
TABLA 221 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO CON CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.5	233

TABLA 222 ANÁLISIS ESTADÍSTICO CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.75.....	234
TABLA 223 PRUEBAS DE NORMALIDAD CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.75	235
TABLA 224 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.....	238
TABLA 225 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO CON CBR AL 100% A 0.1" CON A/C = 2.75	239
TABLA 226 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75.....	240
TABLA 227 PRUEBAS DE NORMALIDAD ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75.....	241
TABLA 228 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.....	244
TABLA 229 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75.....	245
TABLA 230 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2	246
TABLA 231 PRUEBAS DE NORMALIDAD ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.....	247
TABLA 232 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.....	250
TABLA 233 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2	251
TABLA 234 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25.....	252
TABLA 235 PRUEBAS DE NORMALIDAD ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25.....	253
TABLA 236 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.....	256
TABLA 237 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25.....	257
TABLA 238 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5.....	258
TABLA 239 PRUEBAS DE NORMALIDAD ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5.....	259
TABLA 240 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.....	262
TABLA 241 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5	263
TABLA 242 ANÁLISIS ESTADÍSTICO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75.....	264
TABLA 243 PRUEBAS DE NORMALIDAD ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75.....	265
TABLA 244 INTERPRETACIÓN COEFICIENTE R.....	268
TABLA 245 CORRELACIÓN DE % DE CEMENTO EN PESO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75.....	269
TABLA 246 RESUMEN DE RESULTADOS CBR AL 100% A 0.1"	270
TABLA 247 RESUMEN DE RESULTADOS ENSAYO DE GUILOW	272

LISTA DE FIGURAS

<i>FIGURA 1</i> DEFORMACIONES EN PAVIMENTOS RÍGIDOS Y FLEXIBLES.	8
<i>FIGURA 2</i> GRIETAS DE ESQUINA.....	17
<i>FIGURA 3</i> FALLA POR GRIETA DE ESQUINA.....	17
<i>FIGURA 4</i> GRIETAS DIAGONAL.....	18
<i>FIGURA 5</i> FALLA POR GRIETA DIAGONAL.....	19
<i>FIGURA 6</i> GRIETAS LONGITUDINALES.....	19
<i>FIGURA 7</i> FALLA POR GRIETA LONGITUDINAL.....	19
<i>FIGURA 8</i> GRIETAS DE RESTRICCIÓN.....	20
<i>FIGURA 9</i> FALLA POR GRIETA DE RESTRICCIÓN.....	20
<i>FIGURA 10</i> GRIETAS TRANSVERSALES.....	21
<i>FIGURA 11</i> FALLA POR GRIETA TRANSVERSAL.....	21
<i>FIGURA 12</i> DEFORMACIONES EN LAS LOSAS.....	22
<i>FIGURA 13</i> FALLA POR DEFORMACIÓN.....	22
<i>FIGURA 14</i> BACHES.....	23
<i>FIGURA 15</i> FALLA POR BACHE.....	23
<i>FIGURA 16</i> DESCASCARAMIENTOS Y ESCAMADURAS.....	24
<i>FIGURA 17</i> FALLAS POR DESCASCARAMIENTOS Y ESCAMADURAS.....	24
<i>FIGURA 18</i> FENÓMENO DE JUNTAS.....	25
<i>FIGURA 19</i> FENÓMENO DE BOMBEO EN LOSAS DE CONCRETO, DE CEMENTO PORTLAND.....	26
<i>FIGURA 20</i> FALLAS POR BOMBEO.....	26
<i>FIGURA 21</i> LIMITES DE ATTERBERG.....	29
<i>FIGURA 22</i> LIMITE LIQUIDO.....	29
<i>FIGURA 23</i> CURVA GRANULOMÉTRICA.....	41
<i>FIGURA 24</i> LIMITE LÍQUIDO.....	42
<i>FIGURA 25</i> CURVA DENSIDAD - CONTENIDO DE HUMEDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.....	45
<i>FIGURA 26</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.....	50
<i>FIGURA 27</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....	51
<i>FIGURA 28</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....	51
<i>FIGURA 29</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO RESPECTIVAMENTE.....	52
<i>FIGURA 30</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.....	57
<i>FIGURA 31</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....	57
<i>FIGURA 32</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....	58
<i>FIGURA 33</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER ENSAYO.....	59
<i>FIGURA 34</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO. <i>FIGURA 35</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....	63
<i>FIGURA 36</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....	64

<i>FIGURA 37</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	65
<i>FIGURA 38</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	69
<i>FIGURA 39</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	70
<i>FIGURA 40</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	70
<i>FIGURA 41</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	71
<i>FIGURA 42</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	76
<i>FIGURA 43</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	76
<i>FIGURA 44</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	76
<i>FIGURA 45</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	77
<i>FIGURA 46</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	81
<i>FIGURA 47</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	82
<i>FIGURA 48</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	82
<i>FIGURA 49</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	83
<i>FIGURA 50</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	88
<i>FIGURA 51</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	88
<i>FIGURA 52</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	89
<i>FIGURA 53</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	90
<i>FIGURA 54</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	94
<i>FIGURA 55</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	94
<i>FIGURA 56</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	95
<i>FIGURA 57</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	95
<i>FIGURA 58</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	100
<i>FIGURA 59</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	100
<i>FIGURA 60</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	101
<i>FIGURA 61</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	102
<i>FIGURA 62</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	106
<i>FIGURA 63</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	106
<i>FIGURA 64</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	107
<i>FIGURA 65</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER ENSAYO.	108
<i>FIGURA 66</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	112
<i>FIGURA 67</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	112
<i>FIGURA 68</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	113
<i>FIGURA 69</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	113
<i>FIGURA 70</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	119
<i>FIGURA 71</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	119
<i>FIGURA 72</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	120
<i>FIGURA 73</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	120

<i>FIGURA 74</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	125
<i>FIGURA 75</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	125
<i>FIGURA 76</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	126
<i>FIGURA 77</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	126
<i>FIGURA 78</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	131
<i>FIGURA 79</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	131
<i>FIGURA 80</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	132
<i>FIGURA 81</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	133
<i>FIGURA 82</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	137
<i>FIGURA 83</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	137
<i>FIGURA 84</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	138
<i>FIGURA 85</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	139
<i>FIGURA 86</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	143
<i>FIGURA 87</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	143
<i>FIGURA 88</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	144
<i>FIGURA 89</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	145
<i>FIGURA 90</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	150
<i>FIGURA 91</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	150
<i>FIGURA 92</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	151
<i>FIGURA 93</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	152
<i>FIGURA 94</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	156
<i>FIGURA 95</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	156
<i>FIGURA 96</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	157
<i>FIGURA 97</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	158
<i>FIGURA 98</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	162
<i>FIGURA 99</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	162
<i>FIGURA 100</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	163
<i>FIGURA 101</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER ENSAYO, SEGUNDO Y TERCER.	164
<i>FIGURA 102</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	168
<i>FIGURA 103</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	168
<i>FIGURA 104</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	169
<i>FIGURA 105</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	169
<i>FIGURA 106</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	174
<i>FIGURA 107</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.	174
<i>FIGURA 108</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.	175
<i>FIGURA 109</i> CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.	176
<i>FIGURA 110</i> DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.	180

<i>FIGURA 111 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....</i>	<i>181</i>
<i>FIGURA 112 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....</i>	<i>181</i>
<i>FIGURA 113 CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.</i>	<i>182</i>
<i>FIGURA 114 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.</i>	<i>186</i>
<i>FIGURA 115 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....</i>	<i>187</i>
<i>FIGURA 116 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....</i>	<i>187</i>
<i>FIGURA 117 CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.</i>	<i>188</i>
<i>FIGURA 118 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.</i>	<i>192</i>
<i>FIGURA 119 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....</i>	<i>193</i>
<i>FIGURA 120 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....</i>	<i>193</i>
<i>FIGURA 121 CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.</i>	<i>194</i>
<i>FIGURA 122 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.</i>	<i>198</i>
<i>FIGURA 123 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....</i>	<i>199</i>
<i>FIGURA 124 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....</i>	<i>199</i>
<i>FIGURA 125 CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.</i>	<i>200</i>
<i>FIGURA 126 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – PRIMER ENSAYO.</i>	<i>205</i>
<i>FIGURA 127 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – SEGUNDO ENSAYO.....</i>	<i>205</i>
<i>FIGURA 128 DATOS CBR - PENETRACIÓN VS CARGA – 56, 25 Y 12 GOLPES – TERCER ENSAYO.....</i>	<i>206</i>
<i>FIGURA 129 CBR VS DENSIDAD – PRIMER, SEGUNDO Y TERCER ENSAYO.</i>	<i>207</i>
<i>FIGURA 130 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 1.75.....</i>	<i>212</i>
<i>FIGURA 131 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 1.75.....</i>	<i>212</i>
<i>FIGURA 132 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 1.75.....</i>	<i>213</i>
<i>FIGURA 133 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 1.75.....</i>	<i>213</i>
<i>FIGURA 134 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 1.75.....</i>	<i>214</i>
<i>FIGURA 135 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS CBR AL 100% A 0.1” CON A/C =1.75</i>	<i>215</i>
<i>FIGURA 136 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.0.....</i>	<i>218</i>
<i>FIGURA 137 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.0.....</i>	<i>218</i>
<i>FIGURA 138 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.0.....</i>	<i>219</i>
<i>FIGURA 139 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.0.....</i>	<i>219</i>
<i>FIGURA 140 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.0.....</i>	<i>220</i>
<i>FIGURA 141 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS CBR AL 100% A 0.1” CON A/C =2</i>	<i>221</i>
<i>FIGURA 142 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.25.....</i>	<i>224</i>
<i>FIGURA 143 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.25.....</i>	<i>224</i>
<i>FIGURA 144 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.25.....</i>	<i>225</i>
<i>FIGURA 145 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.25.....</i>	<i>225</i>
<i>FIGURA 146 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.25.....</i>	<i>226</i>
<i>FIGURA 147 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS CBR AL 100% A 0.1” CON A/C =2.25</i>	<i>228</i>

<i>FIGURA 148 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.5</i>	230
<i>FIGURA 149 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.5</i>	230
<i>FIGURA 150 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.5</i>	231
<i>FIGURA 151 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.5</i>	231
<i>FIGURA 152 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.5</i>	232
<i>FIGURA 153 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS CBR AL 100% A 0.1” CON A/C =2.5</i>	233
<i>FIGURA 154 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.75</i>	236
<i>FIGURA 155 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.75</i>	236
<i>FIGURA 156 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.75</i>	237
<i>FIGURA 157 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.75</i>	237
<i>FIGURA 158 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO DEL CBR AL 100% A 0.1” CON A/C = 2.75</i>	238
<i>FIGURA 159 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS CBR AL 100% A 0.1” CON A/C =2.75</i>	239
<i>FIGURA 160 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO, ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75</i>	242
<i>FIGURA 161 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75</i>	242
<i>FIGURA 162 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75</i>	243
<i>FIGURA 163 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75</i>	243
<i>FIGURA 164 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 1.75</i>	244
<i>FIGURA 165 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS ENSAYO GUILOW CON A/C =1.75</i>	245
<i>FIGURA 166 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2</i>	248
<i>FIGURA 167 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2</i>	248
<i>FIGURA 168 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2</i>	249
<i>FIGURA 169 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2</i>	249
<i>FIGURA 170 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2</i>	250
<i>FIGURA 171 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS ENSAYO GUILOW CON A/C =2</i>	251
<i>FIGURA 172 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25</i>	254
<i>FIGURA 173 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25</i>	254
<i>FIGURA 174 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25</i>	255
<i>FIGURA 175 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25</i>	255
<i>FIGURA 176 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.25</i>	256
<i>FIGURA 177 CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS ENSAYO GUILOW CON A/C =2.25</i>	257
<i>FIGURA 178 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5</i>	260
<i>FIGURA 179 HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5</i>	260
<i>FIGURA 180 HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5</i>	261
<i>FIGURA 181 HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5</i>	261
<i>FIGURA 182 HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.5</i>	262
<i>FIGURA 183 % DE CURVA TENDENCIA CEMENTO EN PESO VS ENSAYO GUILOW CON A/C =2.5</i>	263
<i>FIGURA 184 HISTOGRAMA 0.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75</i>	266

<i>FIGURA 185</i> HISTOGRAMA 0.75% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75	266
<i>FIGURA 186</i> HISTOGRAMA 1.0% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C =2.75	267
<i>FIGURA 187</i> HISTOGRAMA 1.25% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75	267
<i>FIGURA 188</i> HISTOGRAMA 1.5% CEMENTO ENSAYO GUILOW CON A/C = 2.75	268
<i>FIGURA 189</i> CURVA TENDENCIA % DE CEMENTO EN PESO VS ENSAYO GUILOW CON A/C =2.75	269

RESUMEN

Esta investigación debe contestar al siguiente problema general; “¿Cuál es el efecto de la adición del mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos?”, el objetivo general es “Evaluar los efectos del mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos”, y la hipótesis general que debe contrastarse es “La adición mortero de cemento en la base granular reduce el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos, evaluado mediante el ensayo de Guilow”.

El Método de Investigación es el Científico, el Tipo de Investigación es Aplicada, de Nivel Descriptivo-Explicativo, de Diseño cuasiexperimental, la Población es la cantera de Quebrada Honda y la Muestra el material granular compactado adicionado el mortero de cemento.

Al finalizar los ensayos de laboratorio y evaluarlos estadísticamente concluimos que la adición de mortero de cemento en la base granular reduce el fenómeno de bombeo significativamente.

Palabras claves: Mortero de cemento, Base granular, Pavimento rígido, Ensayo de Guilow.

ABSTRACT

This investigation must answer the following general problem; "What is the effect of the addition of cement mortar on the granular base to reduce the phenomenon of pumping of rigid pavements?", The general objective is "To evaluate the effects of cement mortar on the granular base to reduce the phenomenon of pumping of rigid pavements ", and the general hypothesis that must be contrasted is" The mortar addition of cement in the granular base reduces the pumping phenomenon of rigid pavements, evaluated by the Guilow test ".

The Research Method is the Scientific, the Type of Research is Applied, Descriptive-Explanatory Level, Quasi-experimental Design, the Population is the quarry of Quebrada Honda and the Granular compacted material is shown by adding the cement mortar.

At the end of the laboratory tests and statistically evaluate them, we conclude that the addition of cement mortar in the granular base reduces the phenomenon of pumping significantly.

Keywords: Cement mortar, Granular base, Rigid pavement, Guilow test.

INTRODUCCIÓN

La presente tesis está abocado a reducir el fenómeno de bombeo producido en las juntas de los pavimentos rígidos, mediante la propuesta de un tratamiento de la base con cemento diluido aplicado en la superficie, evaluado mediante el ensayo de Guilow. Este ensayo dará los indicadores con los que nos basamos para poder concluir cual es la óptima relación de agua cemento que produce una reducción mayor en la pérdida de peso que ocasiona el chorro de agua a presión constante sobre las muestras ensayadas, efecto que simula la formación del bombeo en los pavimentos rígidos.

En el capítulo I, se plantea el problema que genera el fenómeno de bombeo producido en las juntas de pavimentos rígidos como una problemática internacional, nacional y local ya que este fenómeno afecta al material fino de la base granular de un pavimento rígido por la presencia de agua, el cual produce una erosión en el material granular ocasionando la pérdida de este.

Este fenómeno es muy común en zonas donde la presencia de precipitaciones durante el año es abundante como es el caso de Huancayo, al añadir el mortero de cemento se garantiza la reducción de la pérdida de material producido por la presencia del agua en las juntas.

En el capítulo II, explicaremos el Marco Teórico, donde citaremos los Antecedentes Nacionales e Internacionales, también el Marco Conceptual y la definición de términos con la teoría necesaria desarrollada para poder enfocar los procedimientos y ensayos realizados; plantearemos la Hipótesis General y Específicas, las Variables con su respectiva definición conceptual, definición operacional y su operacionalización.

En el capítulo III, desarrollaremos la Metodología, tenemos el Método general de Investigación Científico, Tipo de Investigación Aplicada porque basada en un marco teórico, tiene la finalidad de formular nuevas teorías por medio de la recolección de datos y así generar soluciones a problemas específicos que se quieren resolver., el Nivel de Investigación Descriptivo-Explicativo, Diseño de Investigación cuasiexperimental toda vez que se tendrá un grupo de control, la Población es el material granular de la cantera Quebrada Honda del distrito de El Tambo provincia de Huancayo y Región Junín y con un tipo de muestreo no aleatorio o dirigido.

En el capítulo IV, basados en los ensayos realizados (Granulometría, límites de Attemberg, proctor modificado, CBR y Guilow), encontraremos los datos necesarios para poder contrastar la hipótesis y poder concluir cual es el efecto de la adición de mortero de cemento en la base granular.

En el capítulo V, comparamos y correlacionamos los resultados obtenidos con los de otros autores a fin de buscar mayor comprensión sobre el tema que hemos desarrollado, también comprender e interpretar los ensayos realizados (Granulometría, límites de Attemberg, proctor modificado, CBR y Guilow).

Finalmente explicamos las conclusiones obtenidas en base a los resultados de los ensayos realizados en la presente tesis y a partir de ello sugerimos recomendaciones que pueden ayudar en algún otro proyecto de investigación.

Bach. Percy Luis Condori Vargas

CAPITULO I

EL PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

Como se sabe las losas de concreto hidráulico es el compuesto principal del pavimento rígido y este está apoyada sobre la base; la losa debido al concreto posee un alto módulo de elasticidad y rigidez, por ende, la responsabilidad estructural del pavimento rígido recae sobre las losas de concreto puesto que las deflexiones que se transmiten a la base son mínimas y esta no aporta estructuralmente al pavimento rígido, por lo cual la función principal de la base es proporcional a la losa de concreto un soporte continuo y homogéneo.

Por ende, con la presencia del agua en la base específicamente en las juntas entre losas se produce el fenómeno llamado bombeo o erosión de la base y este produce que el soporte de la losa no sea continuo y así se produce las fracturas en las losas de concreto debido a la no continuidad del soporte y las cargas que ocasiona el tráfico.

Este problema se observa en su mayor parte en lugares con presencia de grandes precipitaciones, y en la ciudad de Huancayo la presencia de estas fracturas en los pavimentos rígidos es muy frecuente, por ende, el desarrollo de este trabajo de investigación será de gran ayuda a dar una solución y estudio de esta problemática.

1.1.1. Problemática internacional

Los pavimentos rígidos son afectados por los diversos climas que posee cada país en el mundo, en los países con la presencia de precipitaciones altas se observa el deterioro del pavimento rígido por la presencia del agua.

El fenómeno de bombeo se produce por la presencia del agua en la base granular del pavimento rígido produciendo la pérdida de finos y así una erosión.

1.1.2. Problemática Nacional

El pavimento rígido es el más utilizado para vías urbanas, nuestro país posee un gran territorio donde las precipitaciones son abundantes, por ende, el fenómeno de bombeo es evidente en los pavimentos rígidos ya que la presencia del agua ocasiona la erosión del material fino de la base granular.

En el presente trabajo de investigación se busca evaluar el fenómeno y dar solución mediante el ensayo de Guilow y la adición de mortero de cemento.

1.1.3. Problemática Local

En la región Junín se presenta una gran cantidad de precipitaciones durante el año por lo cual se observa el fenómeno de bombeo en los pavimentos rígidos, este fenómeno causa fallas en los pavimentos por lo cual en el presente trabajo de investigación se busca dar solución al fenómeno mediante los ensayos necesarios en material granular.

1.2. Formulación y Sistematización del Problema

1.2.1. Problema General

¿Cuál es el efecto de la adición del mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos?

1.2.2. Problemas Específicos

- a) ¿Cómo influye el mortero de cemento en las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido?
- b) ¿De qué manera influye el mortero de cemento en el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido?
- c) ¿Cuál es la dosificación óptima de la adición de mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de un pavimento rígido?

1.3. Justificación

1.3.1. Justificación Práctica o Social

Esta investigación se realiza porque existe la necesidad de controlar el fenómeno de bombeo esto conlleva al poder reducir la erosión del agua en la base granular del pavimento rígido y así evitar fallas localizadas en las juntas de las losas. Justificación metodológica

La aplicación del mortero de cemento en la base granular se da a través del método científico, por ende, se obtendrá la data necesaria en los ensayos de laboratorio y así validar y tener una confiabilidad de los datos obtenidos y poder utilizarlos en campo y otros trabajos de investigación.

1.3.2. Justificación Metodológica

Es importante realizar el presente trabajo de investigación ya que se evaluará el fenómeno de bombeo por el ensayo de Guilow con adición de porcentajes de mortero de cemento y esto evitará el fenómeno de bombeo en la base granular del pavimento rígido, por lo cual se emplea los ensayos de análisis granulométrico, límites de Atterberg, proctor, CBR y se aplicará el ensayo de Guilow con el cual se evaluará la pérdida de material.

1.4. Delimitaciones

1.4.1. Delimitación Espacial

El trabajo de investigación se limita en la región de Junín, provincia de Huancayo, distrito del Tambo, específicamente de la cantera de Quebrada Honda.

1.4.2. Delimitación Temporal

El tiempo de ejecución y elaboración de la presente trabajo de investigación abarca 3 meses, tiempo donde se realizará los ensayos pertinentes para obtener los datos necesario para contrastar la hipótesis planteada.

1.4.3. Delimitación Temporal

El Costo Total de la presente Tesis fueron cubiertos por el sustentante, ascendiendo a la suma de S/. 5000.00 (Cinco mil y 00/100 nuevos soles).

1.5. Limitaciones

1.5.1. Limitación Tecnológica

Los ensayos realizados para la presente tesis fueron realizados en un laboratorio que no cuenta con Certificación del Instituto Nacional de Calidad (Inacal); toda vez que en Huancayo no tenemos ningún laboratorio con esta Certificación.

1.5.2. Limitación Económica

Para los ensayos realizados en la presente Tesis se tomó como muestra la Cantera ubicada en Quebrada Honda, distrito de El Tambo, provincia de Huancayo; para futuros ensayos deberán usar las demás canteras.

1.6. Objetivos

1.6.1. Objetivo General

Evaluar los efectos del mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos.

1.6.2. Objetivos Específicos

- a) Determinar la influencia del mortero de cemento en las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido.
- b) Precisar la influencia del mortero de cemento en el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido.
- c) Especificar la dosificación óptima de la adición de mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de un pavimento rígido.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedente Internacional

En la investigación “Estudio de la resistencia a la erosión de materiales empleados como base en pavimentos de concreto hidráulico” publicada por (Universidad de los Andes, 2010) de la ciudad Bogotá Colombia.

En el trabajo de investigación se tenía como objetivo el estudio de la resistencia a la erosión y consumo de erosión para materiales evaluados con base.

También indica que el fenómeno de bombeo depende de varios factores tales como el agua, calidad de drenaje, deflexiones en juntas y esquinas, métodos de transmisión de carga entre losas y las propiedades físicas mecánicas de los materiales.

Como objetivo principal se tiene en diseñar métodos experimentales para evaluar y determinar las pérdidas por erosión de diferentes materiales que pueden ser empleados como base en los pavimentos rígidos.

Propone un método experimental denominado ensayo de erosión mediante chorro a presión de agua.

(Cote Sosa & Villaba Oyola, 2017) en la investigación “Índice de condición del pavimento rígido en la ciudad de Cartagena de Indias y medidas de conservación. Caso de estudio: Carrera 1° del barrio Bocagrande”

En este trabajo de investigación se observa las diferentes fallas que produce un grado de afectación al pavimento rígido.

Por lo general en pavimentos rígidos las condiciones son las siguientes según este estudio; 65% en estado regular, 25% en estado malo y 10% en estado bueno. También menciona que el daño que más afectan a la vía son desconchamiento/mapa de grietas/craquelado con un 70%.

(Arenas Torrado & Gomez Velasquez, 2016) en la investigación “Estudio de las fallas en los pavimentos rígidos para el mantenimiento y rehabilitación de algunas vías principales del Municipio de Abrego Norte de Santander.

En este trabajo de investigación se aprecia el objetivo principal el cual fue elaborar un estudio de fallas de pavimentos rígidos de algunas vías para un futuro mantenimiento y rehabilitación.

Se observa el estudio de las fallas más frecuentes que se producen en un pavimento rígidos y sus factores los cuales ayudaran al entendimiento y posibles soluciones.

El autor recomienda elaborar estudios de caracterización de la subrasante para profundizar los criterios más certeros de su granulometría.

(Miranda Rebolledo,2010) en la investigación titulado “Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos”

Describe los tipos de fallas que presentan los dos tipos de pavimentos tanto flexibles como rígidos.

El objetivo principal fue identificar las fallas que sufren los pavimentos y otorgar soluciones para la conservación y rehabilitación.

El autor concluye que un mantenimiento adecuado en las vías disminuye el impacto de fallas en el pavimento; por ello tan pronto se ha determinado la necesidad de hacer reparaciones, esto se debe realizar con la brevedad inmediata ya que el pavimento se desgasta día a día.

2.1.2. Antecedente Nacional

(Lopez Huaman & Lopez Huaman, 2014) en la investigación titulada “Determinación y evaluación de las patologías en el concreto de pavimentos rígidos, distrito San Juan Bautista provincia de Huamanga – Ayacucho”

En este trabajo se aprecia la verificación de las fallas técnicas en pavimentos rígidos, se encontró fallas por fisuramiento en las esquinas, longitudinales, transversales, fallas con las juntas lo cual ocasiona, desprendimiento, bombeo, daños en el sellado de juntas.

El autor concluye que los procesos constructivos y el mal mantenimiento ocasiona estas fallas en los pavimentos rígidos.

(Reyes Castillo, 2017) en el trabajo de investigación titulado “Determinación y evaluación de las patologías en la capa de rodadura del pavimento rígido de la avenida Pampa Alegre Cuadra 1, 2 y 3 - Distrito de San Miguel del Faique - Provincia de Huancabamba - Departamento de Piura - marzo 2017”

En el presente trabajo se evaluó el estado y las condiciones de pavimentos rígidos ya que estos pueden quedar totalmente o parcialmente fuera de servicio.

También indica que el agua del manto freático y de las precipitaciones pluviales provocan zonas de bajo soporte y expulsión del material de subrasante y por ende provoca la rotura del concreto.

Recomienda una evaluación y mantenimiento periódico que garantice un servicio adecuado y permanente del pavimento rígido.

2.2. Marco Conceptual

2.2.1. Pavimento

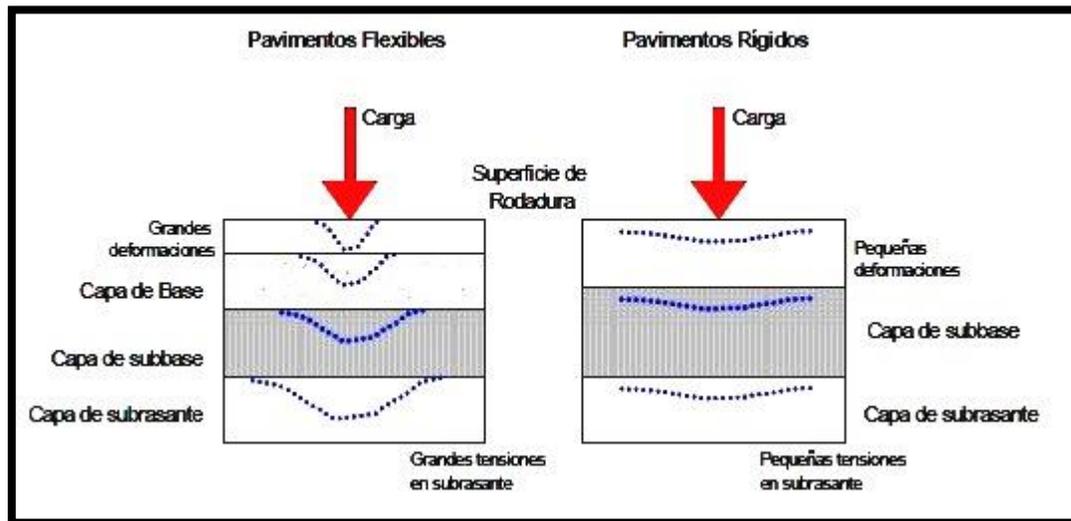
Es la superestructura de una carretera. El pavimento es una estructura multicapa construida sobre la subrasante diseñada para tener la capacidad de absorber las fuerzas ocasionadas por las cargas de tránsito y permitir la circulación en las debidas condiciones de seguridad y comodidad, estas cargas son transmitidas a las capas inferiores en forma disipada, así se proporciona una superficie de rodadura.

Las mencionadas mezclas de concreto y emulsión asfáltica con piedra chancada y arena vienen siendo los materiales más utilizados para crear el pavimento urbano, ya que tienen un buen rendimiento de soporte y permiten el paso constante de vehículos sin sufrir grandes daños.

Los pavimentos de acuerdo a su composición se pueden clasificar en flexibles cuando su composición de la superficie de rodadura es de tipo bituminoso y rígidos cuando la superficie de rodadura es de cemento Portland, su principal función es sostener directamente el transito;

el comportamiento al momento de aplicar la carga es diferente el cual se aprecia en la siguiente imagen.

Figura 1 Deformaciones en pavimentos rígidos y flexibles.



Fuente. Ing. Cesar A. Ruiz

2.2.2. Pavimento Rígido

Pavimento cuya capa de rodadura está compuesta de losas de concreto hidráulico, al contrario del pavimento flexible posee una resistencia considerable a flexión, y son afectados considerablemente por cambios de temperatura; es decir debido a su rigidez distribuyen las cargas verticales sobre un área grande y con presiones muy reducidas, por lo tanto, las deflexiones o deformaciones elásticas son casi inapreciables; salvo en bordes de losa y juntas sin pasa juntas.

Este tipo de pavimento no puede plegarse a las deformaciones de las capas inferiores sin que se presente la falla estructural. Este punto de vista es el que influye en los sistemas de cálculos de pavimentos rígidos, sistemas que combinan el espesor y la resistencia de hormigón de las losas, para una carga y suelos dados.

Aunque en teoría las losas de concreto hidráulico pueden colocarse en forma directa sobre la subrasante, es necesario construir una capa de subbase y/o base para evitar que los finos sean bombeados hacia la superficie de rodamiento al pasar los vehículos, lo cual puede provocar

fallas de esquina o de orilla en la losa, están constituidas de material granular, también puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal.

El costo inicial es más elevado al del pavimento flexible pero el mantenimiento que requiere es mínimo y solo se les aplica a las juntas de las losas, el diseño de estos tipos de pavimento considera los siguientes parámetros:

- Volumen del tipo y peso de los vehículos en un estudio de tráfico.
- Módulo de reacción de la base.
- Resistencia del concreto.
- Condiciones climáticas.

2.2.2.1. Tipos de Pavimento Rígido:

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos en su Sección Suelos y Pavimentos (pág. 261); existen tres tipos de pavimento de concreto:

Pavimentos de concreto simple con juntas, se construyen sin acero de refuerzo; sin embargo, en ellos se disponen de barras lisas en cada junta de contracción, las cuales actúan como dispositivos de transferencia de cargas, requiriéndose también que las losas sean cortas para controlar el agrietamiento.

Pavimentos de concreto reforzado con juntas, contienen acero de refuerzo y pasa juntas en las juntas de contracción. Estos pavimentos se construyen con separaciones entre juntas superiores a las utilizadas en pavimentos convencionales. Debido a ello es posible que entre las juntas se produzcan una o más fisuras transversales, las cuales se mantienen prácticamente cerradas a causa del acero de refuerzo, lográndose una excelente transferencia de carga a través de ellas.

Pavimentos de concreto continuamente reforzados, tienen un proceso mecanizado en el cual se eliminan las juntas de contracción. Debido a su continuo contenido de acero en dirección longitudinal, estos pavimentos desarrollan fisuras transversales a intervalos muy cortos. Sin embargo, por la presencia de refuerzo, se desarrolla una gran transferencia de carga en las caras de las fisuras.

Normalmente un espaciamiento de juntas que no exceda los 4.50m tienen un buen comportamiento en pavimentos de concreto simple, así como uno no mayor a 6m en 11 pavimentos con junta, ni superior a 12 m en pavimentos reforzados. Espaciamientos mayores a estos, han sido empleados con alguna frecuencia, pero han generado deterioros, tanto en las juntas, como en las fisuras transversales intermedias.

2.2.2.2. Ventajas de un Pavimento Rígido:

- El concreto refleja la luz, lo que aumenta la visibilidad y puede disminuir los costos de iluminación en las calles hasta un 30%, en cantidad de luminarias y consumo de energía.
- El concreto no se ahueca nunca, por lo tanto, no hay acumulación de agua y, por ende, tampoco se produce hidropelaje. Por otra parte, se disminuye el efecto "spray", que es el agua que despiden los vehículos que van adelante sobre el parabrisas del vehículo que viene detrás, impidiendo la visibilidad.
- Es fácil darles "rugosidad" a los pavimentos de concreto durante su construcción, para generar una superficie que proporcione mayor adherencia.
- Debido a la consistencia de la superficie de rodadura, las cargas son distribuidas de buena manera, por ende, las tensiones en la subrasante son bajas.
- La rigidez del concreto favorece que la superficie de rodadura mantenga la planeidad, por lo cual requiere menor estructura de soporte.
- La lisura es el factor más importante para los usuarios. Actualmente, los pavimentos de concreto se pueden construir más suaves que los de asfalto.
- A diferencia del asfalto, el concreto puede soportar cargas de tráfico pesadas sin que se produzca ahuecamiento, deformaciones o lavado de áridos.
- La superficie dura del concreto hace más fácil el rodadura de los neumáticos. Estudios han demostrado que aumenta la eficiencia de combustible de los vehículos.
- El concreto se endurece a medida que pasa el tiempo. Después del primer mes, el concreto continúa lentamente ganando 40% de resistencia durante su vida.
- El concreto tiene una vida promedio de 30 años.
- Los pavimentos de concreto frecuentemente sobrepasan la vida de diseño y las cargas de tráfico.

- Los pavimentos de concreto se pueden diseñar para que duren desde 10 hasta 50 años, dependiendo de las necesidades del sistema.
- Las técnicas de restauración de pavimentos pueden extender su vida hasta tres veces la de diseño.
- Los pavimentos de concreto tienen un mayor valor a largo plazo debido a su mayor expectativa de vida con necesidad de mantenimiento mínimo.
- Los pavimentos rígidos tienen mayor vida estimada entre 20^a 30 años (en Lima hasta 50) con un alto índice de servicio, pues el concreto disminuye la necesidad de reparación, principalmente requiere mantenimiento continuo, pero mínimo en las juntas.
- Los pavimentos de concreto se pueden construir más rápidamente, ya que se reduce el número de capas necesarias y dar al tránsito en tiempos reducidos, incluso de hasta 12 horas.

2.2.2.3.Desventajas de un Pavimento Rígido:

- Elevado costo inicial, su costo de construcción es alto por lo tanto su uso ha sido limitado a obras específicas.
- El color claro que presenta permite reflejar la luz del sol afectando al usuario (día).
- Cuando ponemos capas encima del pavimento rígido con fines de reparación y mantenimiento en la mayoría de casos produce capas de reflejo.
- Requiere capas inferiores bien niveladas a fin de evitar fallas futuras en el pavimento rígido.

2.2.2.4.Elementos que integran un Pavimento Rígido.

La subrasante; es el suelo de cimentación del pavimento, pudiendo ser suelo natural, debidamente perfilado y compactado; o material de préstamo, cuando el suelo natural es deficiente o por requerimiento del diseño geométrico de la vía a proyectar.

Esta capa de terreno soporta la estructura del pavimento, el espesor del pavimento depende de la calidad de la subrasante, por lo cual debe cumplir con requisitos de resistencia, incompresibilidad e inmunidad a la expansión y contracción por la presencia de humedad.

Los materiales que pueden ser empleados como subrasante serán de preferencia materiales de tipo granular.

La subbase y/o base; es la capa que está apoyada sobre la subrasante, compuesta por materiales granulares de buena gradación. Deberá ser perfilada y compactada entre el 95% y 100% de su máxima densidad seca mediante el ensayo proctor estándar. El empleo de una base implica mejorar la capacidad de soporte de suelo que se traduce en una reducción del espesor de carpeta de rodadura. Sin embargo, el impacto no es significativo.

Su función principal de transmitir, soportar y distribuir con uniformidad las cargas provenientes de la superficie de rodadura del pavimento rígido; esta capa controlara los cambios de volumen y elasticidad.

La especificación principal es la granulométrica ya que esta capa debe poseer el menor porcentaje de finos para poder drenar el agua y mantener la resistencia. También podemos afirmar que esta capa es densamente graduada. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG 2013).

Superficie de rodadura; es la capa estructural superior del pavimento rígido, y está conformada por mezcla de concreto hidráulico, pose alta rigidez y alto módulo de elasticidad y por ello basan su capacidad portante en la losa más la capacidad portante de la sub rasante es mínima. Los métodos de diseño especifican diseños de mezcla con Módulo de Rotura a la Flexión (MR) superiores a 42 Kg/cm², o su equivalente a $f'c = 280 \text{ Kg./cm}^2$.

Esta capa está expuesta al intemperismo por ello se recomienda un mantenimiento periódico.

2.2.3. Cemento

Es un material pulverizado que además de cal contiene sílice, alúmina y óxido de hierro y que forma, por adición de una cantidad apropiada de agua u otra sustancia líquida, forma una pasta blanda el cual se endurece con el transcurrir del tiempo. Se emplea como componente aglutinante en bloques para diferentes usos.

Existe en la actualidad en el mercado una gran variedad de cementos, de acuerdo con los materiales utilizados en su fabricación y con los usos específicos a que se destinen.

La tecnología básica de producción de cemento ha sido relativamente estable. En el proceso de producción de Clinker se utilizaron inicialmente hasta principios del siglo, hornos

verticales. La introducción de hornos rotatorios horizontales, marco un paso trascendental de la técnica de cocción de caliza.

El cemento es un material finamente molido de color gris verdoso, el cual al mezclarse con agua tiene la propiedad de fraguar o endurecer; el cemento más conocido es el Cemento Portland, el cual surgió de las investigaciones de Joseph Aspdin, al calcinar a una temperatura elevada una mezcla de caliza y arcilla (Clinker), logrando un excelente aglomerante con propiedades hidráulicas; por lo tanto el Cemento Portland es un ligamento hidráulico que se obtiene al moler finamente el clinker de cemento Portland con un cantidad de yeso que está en el rango de 4 a 5 %.

2.2.3.1. Composición del Cemento Portland

El proceso completo de producción de cemento portland gris comprende las siguientes etapas:

- Extracción de las materias primas(caliza y arcilla) y transporte hasta la planta.
- Adecuación de la materia prima al proceso (molienda).
- Alimentación y calcinación de la mezcla en el horno (clinkerización). El producto obtenido en esta parte del proceso se llama Clinker.
- Molienda de Clinker y adiciones.
- Empaque y almacenamiento.

Se obtienen los siguientes compuestos establecidos por primera vez por Le Chatelier en 1852, y que son los que definen el comportamiento del cemento hidratado y que detallaremos con su fórmula química, abreviatura y nombre corriente:

- **Silicato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_3\text{S} \rightarrow \text{Alita}$)**

Obtenemos la resistencia inicial (en la primera semana) y tiene un papel preponderante en el calor de hidratación.

- **Silicato Dicálcico ($2\text{CaO}\cdot\text{SiO}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{S} \rightarrow \text{Belita}$)**

Determina la resistencia a largo plazo y tiene incidencia menor en el calor de hidratación.

- **Aluminato Tricálcico ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_3\text{A}$)**

Aisladamente no tiene trascendencia en la resistencia, pero cuando se mezclan con los silicatos condiciona el fraguado violento actuando como catalizador, por lo que es necesario añadir yeso en el proceso (3%-6%) para controlarlo. Es el culpable de la resistencia del cemento a los sulfatos ya que al reaccionar con estos produce Sulfoaluminatos con propiedades expansivas, por lo que hay que limitar su contenido.

- **Aluminio-Ferrito Tetracálcico ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3 \rightarrow \text{C}_4\text{AF}$ Celita)**

Tiene implicancia en la velocidad de hidratación y secundariamente en el calor de hidratación.

- **Oxido de Magnesio (MgO)**

Pese a ser un componente menor, tiene importancia pues para contenidos mayores del 5% trae problemas de expansión en la pasta hidratada y endurecida.

- **Oxidos de Potasio y Sodio (K_2O , Na_2OAlcalis)**

Tiene importancia para casos especiales de reacciones químicas con ciertos agregados, y los solubles en agua contribuyen a producir eflorescencias con agregados calcáreos.

- **Oxido de Manganeso y Titanio (Mn_2O_3 , TiO_2)**

El primero no tiene significación especial en las propiedades del cemento, salvo en su coloración, que tiende a ser marrón si se tienen contenidos mayores al 3%. Se ha observado casos donde los contenidos superan el 5% se obtiene disminución de resistencia a largo plazo.

El segundo influye en la resistencia, reduciéndola para contenidos superiores a 5%. Para contenidos menores, no tiene mayor trascendencia.

2.2.3.2. Tipos de Cemento Portland

Los cementos portland, se fabrican en cinco tipos las cuales se han normalizado bajo la especificación de la norma ASTM C150.

- **TIPO I:** Es la mezcla básica del cemento (Clinker y yeso). Para uso general en la construcción, es el que más se emplea para fines estructurales cuando no se requieren de las propiedades especiales especificadas para los otros cuatro tipos de cemento.

- **TIPO II:** De moderada resistencia a los sulfatos y moderado calor de hidratación. Para emplearse en estructuras con ambientes agresivos y/o en vaciados masivos.
- **TIPO III:** Desarrollo rápido de resistencia con elevado calor de hidratación. Para uso en clima frío y en los casos en que se necesita adelantar la puesta en servicio de las estructuras.
- **TIPO IV:** De bajo calor de hidratación. Para concreto masivo
- **TIPO V:** Alta resistencia a los sulfatos. Para ambientes muy agresivos

2.2.3.3. Tipos de Cemento Portland Adicionados;

- **TIPO IS:** Cemento al que se ha añadido entre un 25% a 70% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- **Tipo ISM:** Cemento al que se ha añadido menos de 25% de escoria de altos hornos referido al peso total.
- **Tipo IP:** Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje que oscila entre el 15% y 40% del peso total.
- **Tipo IPM:** Cemento al que se le ha añadido puzolana en un porcentaje hasta del 15% del peso total.

2.2.4. Evaluación de Pavimentos

Es el estudio donde se presenta el estado en el que se halla la superficie del mismo para poder observar y adoptar medidas para una reparación o el caso de estudio de un fenómeno la implementación de nuevas soluciones.

Este proceso debe ser objetivo y acorde al medio en que se encuentre. Es muy importante ya que permite conocer a tiempo los deterioros presentes en la superficie y de esta manera se deben realizar correcciones, así se consigue brindar a los usuarios una serviciabilidad óptima.

2.2.4.1. Tipos de Fallas en Pavimentos

La mejor forma de identificar las fallas del pavimento y determinar porqué se han producido, es mediante la conducción de un estudio de reconocimiento deseablemente una vez al año, preferiblemente al comienzo de la primavera. En él se debe identificar el tipo, severidad y magnitud de cada falla. También se debe tratar de determinar si el diseño del pavimento, la carga soportada, el agua, la temperatura, los materiales del pavimento o la construcción fueron la causa de la falla. A demás de la inspección visual, pueden emplearse pruebas

destructivas y no-destructivas para determinar la condición estructural y las condiciones del material bajo la superficie del pavimento.

Fallas superficiales

Son fallas superficiales que no guardan relación con la estructura de la calzada.

- ✓ Parches
- ✓ Baches
- ✓ Ahuellamiento
- ✓ Deformación Transversal
- ✓ Exudaciones
- ✓ Desgaste
- ✓ Pérdida de áridos
- ✓ Ondulaciones

Fallas estructurales

Es una falla en la estructura del pavimento, en una o más capas consecutivas que deben resistir las cargas que transmite el neumático, también debe resistir a los factores climáticos.

2.2.5. Fallas en Pavimento Rígido

Los pavimentos rígidos son aquellos formados por una losa de concreto compuesto por agregado y cemento Pórtland sobre una base, o directamente sobre la sub-rasante. Transmite directamente los esfuerzos al suelo en una forma minimizada, es auto-resistente, y la cantidad de concreto debe ser controlada; es decir el concreto absorbe gran parte de los esfuerzos que las ruedas de los vehículos ejercen sobre el pavimento, mientras que en el pavimento flexible este esfuerzo es transmitido hacia las capas inferiores (Base, Sub-base y Sub-rasante). Las fallas principales de un pavimento rígido:

- Grietas
- Deformaciones
- Baches
- Descaramientos y escamaduras
- Juntas

- Bombeo

Cada uno de los daños correspondientes a cada categoría se describe a continuación, presentando su definición y sus posibles causas.

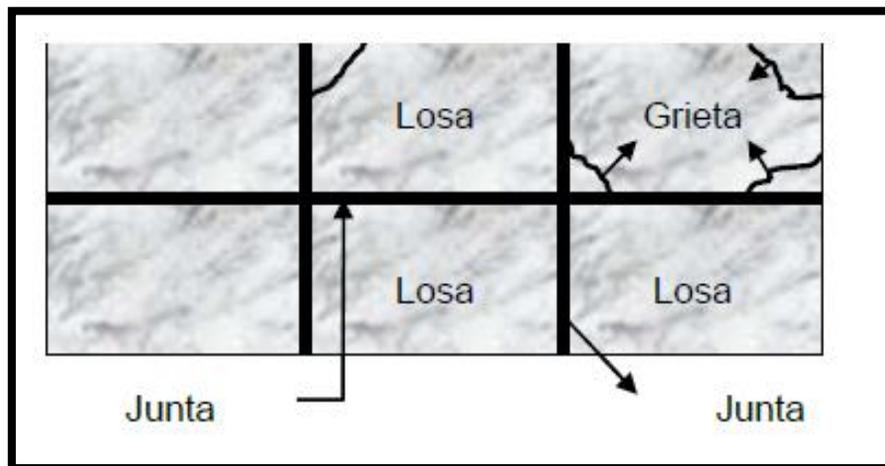
Grietas

Las grietas son manifestaciones muy frecuentes de fallas causadas por la contracción del concreto, expansión de las losas de pavimento, defectos de suelo de fundación, acción de cargas de tráfico, falta de juntas de expansión, contracción o de construcción.

Los tipos de grietas son:

- ✓ Grietas de esquina, son grietas diagonales que forman un triángulo con el borde o junta longitudinal y una junta o grieta transversal. Estas grietas pueden originarse por acción de las cargas de tránsito sobre esquinas sin soporte o por alabeo de las losas. También se originan por acción de las cargas sobre áreas débiles de la subrasante como se muestra en las siguientes figuras.

Figura 2 Grietas de esquina



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

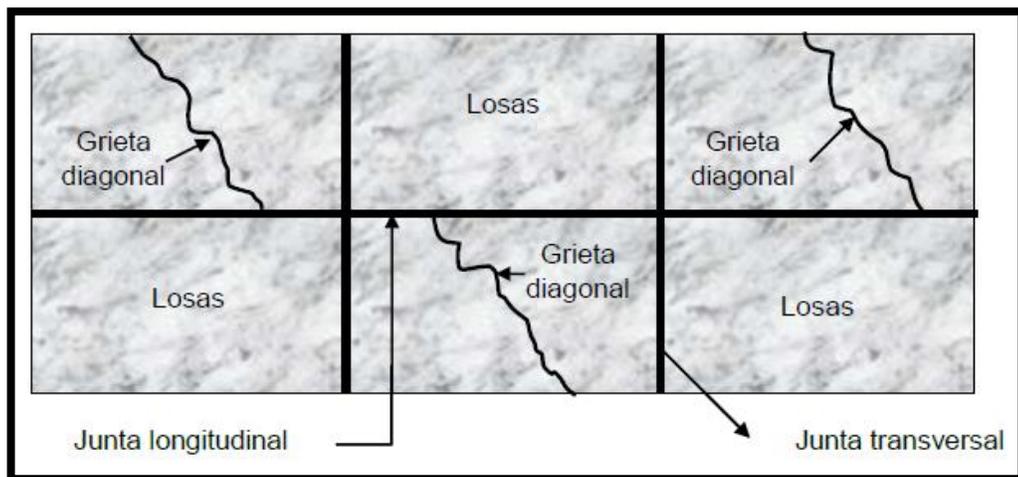
Figura 3 Falla por grieta de esquina



Fuente. Propia

- ✓ Grietas diagonales, Son grietas en diagonal con la línea central de pavimento. Estas grietas se forman generalmente por la acción del tránsito sobre los extremos de losas que han quedado sin soporte por la acción del bombeo de la subrasante, como se muestra en las figuras.

Figura 4 Grietas diagonal



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

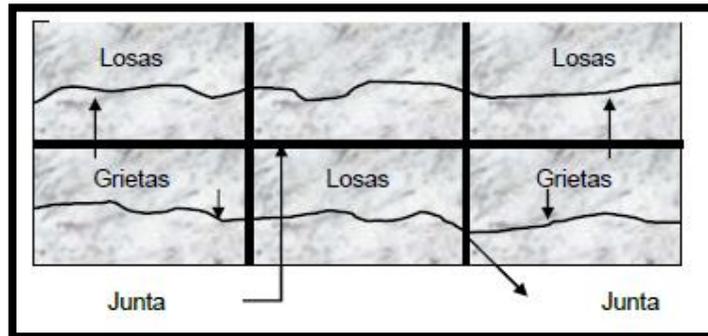
Figura 5 Falla por grieta diagonal



Fuente: propia.

- ✓ Grietas longitudinales, Son grietas casi paralelas al eje central del pavimento. Su origen puede deberse a falta de juntas longitudinales para eliminar los esfuerzos de contracción, materiales expansivos en la subbase o subrasante, esfuerzos de alabeo en combinación con las cargas, pérdidas de soportes en los bordes longitudinales por efecto de la acción del bombeo.

Figura 6 Grietas longitudinales



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

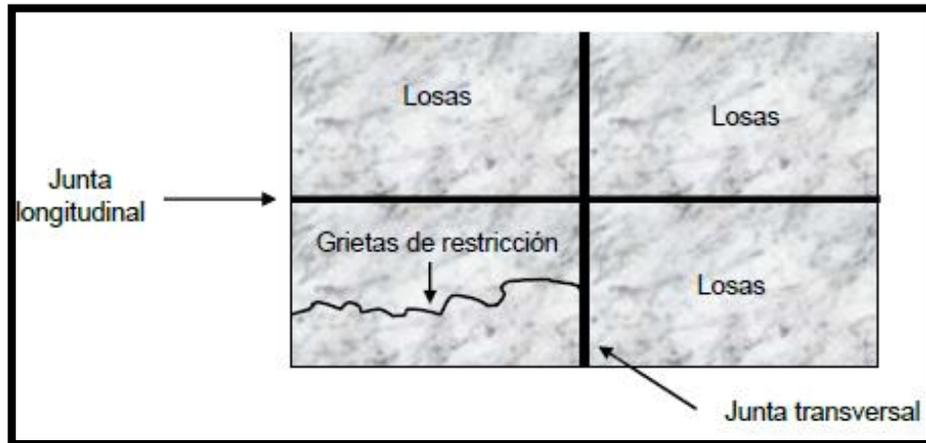
Figura 7 Falla por grieta longitudinal



Fuente: propia.

- ✓ Grietas de restricción, Estas son grietas que comienzan de una distancia no mayor de un metro del borde exterior del pavimento y se dirigen siguiendo un alineamiento irregular hasta la junta transversal, la cual restringe la expansión de la losa.

Figura 8 Grietas de Restricción



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

Figura 9 Falla por grieta de restricción

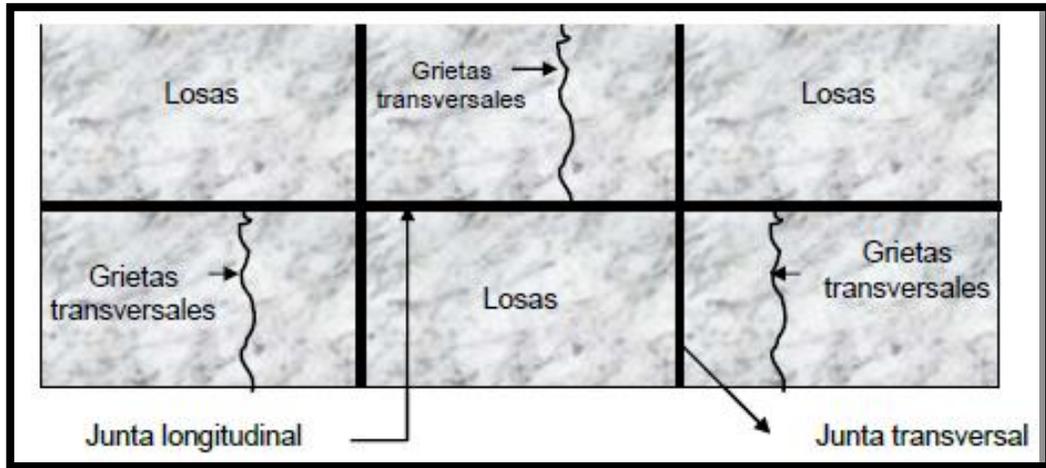


Fuente: propia.

- ✓ Grietas transversales: Son grietas en ángulos aproximadamente rectos con el eje central del pavimento. Algunas de las causas principales es la sobrecarga de flexión repetida, de las losas sometidas a la acción del bombeo de la subrasante, las fallas del suelo de cimentación, la falta de juntas poco profundas que ocasionan el fácil filtrado de agua en

el pavimento rígido, una manera de reducir este tipo de fallas es realizando un mantenimiento periódico al pavimento rígido.

Figura 10 Grietas transversales



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

Figura 11 Falla por grieta transversal



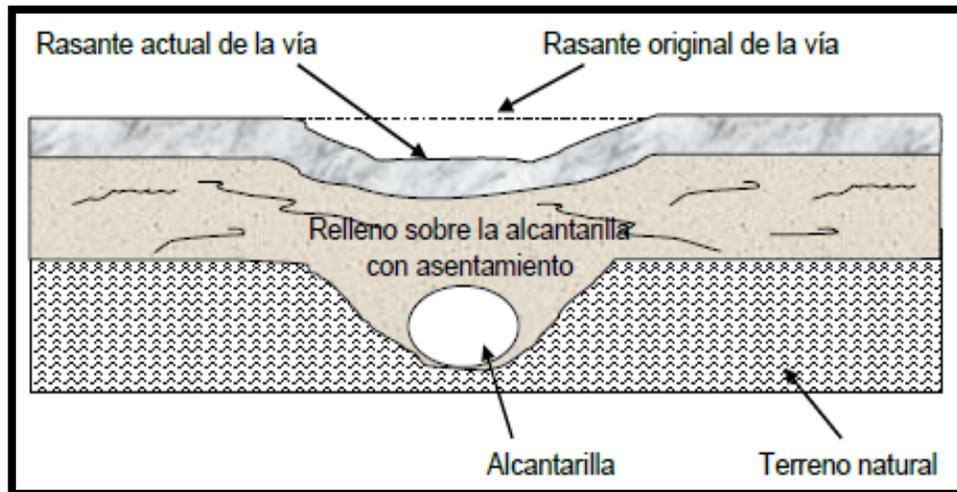
Fuente: propia.

2.2.6. Deformaciones en los Pavimentos Rígidos

Las deformaciones son cualquier cambio de la superficie del pavimento referida a su forma original. Los escalones de fallas de las losas, son deformaciones predominantes en los pavimentos de concreto.

Una deformación puede producirse si existe bombeo, debido a que ocasiona escalones de fallas y hundimiento de las losas. Otra causa de las deformaciones son los suelos expansivos y los asentamientos de la cimentación.

Figura 12 Deformaciones en las losas



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

Figura 13 Falla por deformación



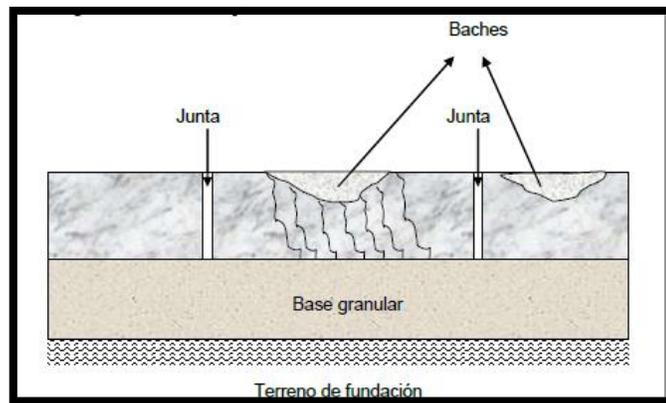
Fuente: propia.

2.2.6.1. Baches en los Pavimentos Rígidos

Son zonas específicas de la carpeta de rodamiento que se han desintegrado por acción del tránsito, y en la mayoría de los casos como una combinación de fallas producidas por grietas, deformaciones y bombeo.

Las posibles causas de la falla por bache son fundaciones y capas inferiores inestables; espesores del pavimento estructuralmente insuficientes; defectos constructivos; retención de agua en zonas hundidas y/o fisuradas. La acción abrasiva del tránsito sobre sectores localizados de mayor debilidad del pavimento o sobre áreas en las que se han desarrollado fisuras en bloque, que han alcanzado un alto nivel de severidad, provoca la desintegración y posterior remoción de parte de la superficie del pavimento, originando un bache.

Figura 14 Baches



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

Figura 15 Falla por bache



Fuente: propia.

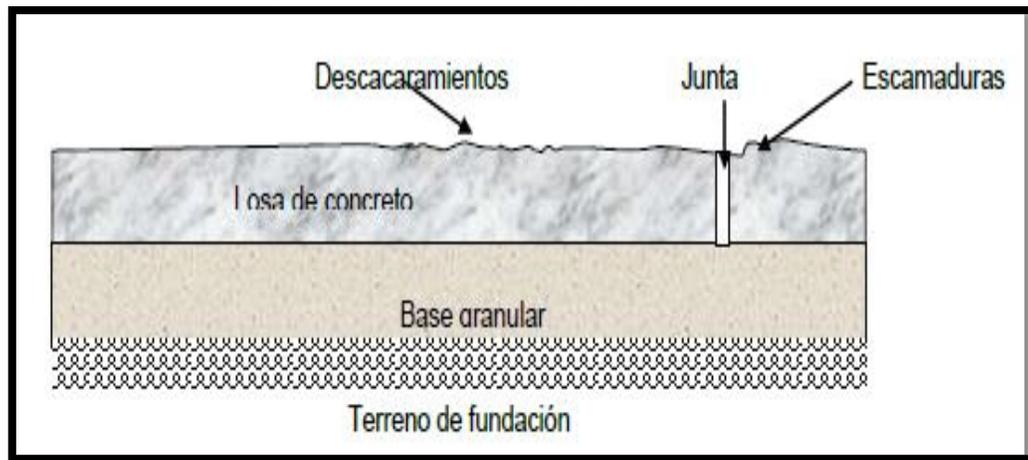
2.2.6.2.Descascamientos y Escamaduras

Los descascamientos y escamaduras son fallas en la superficie del concreto por deterioro o rotura. Los descascamientos consisten en deterioro de la superficie del pavimento por desgaste o conformación inadecuada. En la mayoría de los casos el efecto progresivo tiende a profundizarse.

Los fenómenos de descascaramientos se producen por exceso de acabado, dosificaciones inadecuadas en la mezcla, poca calidad de los agregados o curado inapropiado.

Las escamaduras son las roturas del concreto en juntas, grietas y bordes del pavimento. (Ver imágenes 16, 17 y 18).

Figura 16 Descascaramientos y escamaduras



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

Figura 17 Fallas por descascaramientos y escamaduras



Fuente: propia.

2.2.6.3. Juntas

El principal objetivo de las juntas es controlar la fisuración y agrietamiento que sufre la losa del pavimento debido a la contracción propia del concreto por pérdida de humedad, así como a las variaciones de temperatura que sufre la losa por su exposición al medioambiente, y el gradiente de temperatura existente desde la superficie hasta la subbase. Se refiere a cualquier condición que posibilite la acumulación de material en las juntas o permita una significativa

infiltración de agua. La acumulación de material incompresible impide el movimiento de la losa, posibilitando que se produzcan fallas, como levantamiento o despostillamientos de juntas.

Las causas más frecuentes para que el material de sello sea deficiente, son:

- ✓ Endurecimiento por oxidación del material de sello.
- ✓ Pérdida de adherencia con los bordes de las losas.
- ✓ Levantamiento del material de sello por efecto del tránsito y movimientos de las losas.
- ✓ Escasez o ausencia del material de sello.
- ✓ Material de sello inadecuado.

Figura 18 Fenómeno de juntas



Fuente: propia.

2.2.7. Bombeo

El fenómeno de bombeo, también conocido como Pum ping, consiste en la acumulación de agua en la estructura del pavimento y la expulsión de material de la fundación de la losa a través de las juntas o grietas. Esta acción contiene partículas de suelo en suspensión y bajo constantes repeticiones remueve parte de la superficie del suelo provocando socavaciones, que conducen a una falla de soporte y consiguientemente la falla del pavimento.

Esto se origina por la deflexión de la losa debida a las cargas o también puede surgir a causa del movimiento vertical de la losa en juntas y fisuras por acción de las cargas pesadas, lo cual provoca la eyección de materiales y agua a través de juntas y fisuras.

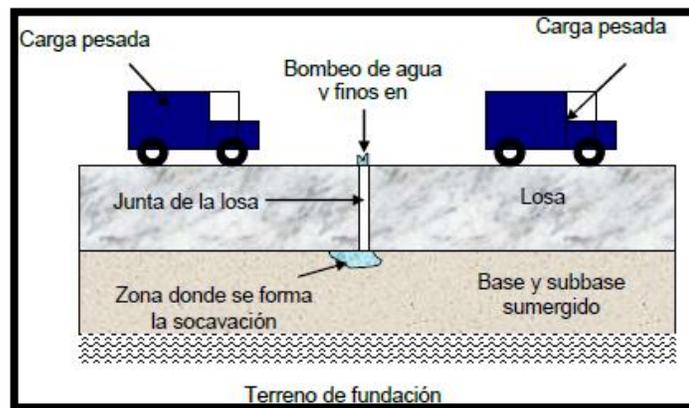
El bombeo puede identificarse por manchas en la superficie y la evidencia de material de base o subrasante en el pavimento cerca de las juntas o grietas. El bombeo cerca de las juntas es causado por un sellante pobre de la junta e indica la pérdida de soporte. Eventualmente,

la repetición de cargas producirá grietas. El bombeo también puede ocurrir a lo largo del borde de la losa causando pérdida de soporte.

Los niveles de densidad que se pueden identificar el fenómeno de bombeo son:

- Bajo: Fisuras sin sellar, de ancho promedio inferior a 3 mm sin ramificaciones.
- Mediano: Fisuras sin sellar, de ancho promedio entre 3 y 6 mm.
- Alto: Fisuras sin sellar de ancho promedio mayor de 6 mm

Figura 19 Fenómeno de bombeo en losas de concreto, de cemento Portland



Fuente: (Miranda Rebolledo, 2010)

Las investigaciones y observaciones de campo han demostrado la existencia de cuatro condiciones básicas para que se produzca el fenómeno del bombeo que es:

- ✓ Suelo de subrasante de granulometría fina, o con abundante contenido de finos en los materiales que componen la base y subbase.
- ✓ Agua libre bajo el pavimento
- ✓ Cargas frecuentes de ejes pesados
- ✓ Existencia de juntas y grietas en el pavimento

Figura 20 Fallas por bombeo



Fuente: propia.

Para evitar el fenómeno de bombeo, se recomienda:

- ✓ Colocación adecuada del acero de transferencia.
- ✓ Buena compactación del material de soporte.
- ✓ Abatimiento del nivel freático. (Evacuación de las aguas freáticas presentes en el terreno donde se está trabajando)
- ✓ Empleo de drenajes para evitar el daño de la estructura.
- ✓ Realizar una adecuada colocación de las juntas, las mismas que deberán tener mantenimiento periódicamente.

2.2.8. Estudios De Mecánica De Suelos:

Estos ensayos son necesarios para caracterizar el material granular que servirá como base o subbase. Asimismo, para hallar uno de los parámetros de diseño más importantes, el módulo de resiliencia de la subrasante, se puede realizar una correlación en base al CBR del terreno natural.

Los ensayos a tener en cuenta son:

- Ensayo de granulometría
- Límites de Atterberg
- Ensayo de compactación Proctor modificado
- Ensayo de valor de soporte de California o CBR

2.2.8.1. Ensayo de Granulometría

Se denomina granulometría, a la medición y gradación que se lleva a cabo de los granos de una formación sedimentaria. Para tener una idea de los tamaños a base.

Independientemente del origen del suelo, los tamaños de las partículas, en general, que conforman un suelo, varían en un amplio rango. Los suelos en general son llamados grava, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. Para describir los suelos por el tamaño de sus partículas, varias organizaciones desarrollaron límites de tamaños de suelos separados.

El análisis granulométrico consiste en la determinación del rango de tamaño de las partículas presentes en un suelo, expresado como un porcentaje de peso seco total. Para este fin, se

realiza el análisis con tamices de una muestra de suelo, en donde las porciones retenidas en cada malla se recolectan por separado, calculándose la porción de suelo que representan.

El análisis granulométrico puede expresarse en dos formas:

Forma Analítica: Mediante tablas que muestran el tamaño de la partícula contra el porcentaje de suelo menor de ese tamaño (porcentaje respecto al peso total)

Forma Gráfica: Mediante la curva dibujada en papel log - normal a partir de puntos cuya abscisa en escala logarítmica es el tamaño del grano y cuya ordenada en escala natural es el porcentaje del suelo menor que ese tamaño (Porcentaje respecto al peso total); a esa grafica se le denomina curva granulométrica, donde se distinguen las partículas en sus cuatro rangos de tamaños:

- ✓ Grava, constituida por partículas cuyo tamaño es mayor que 4.76 mm.
- ✓ Arena, constituida por partículas menores que 4.76 mm y mayores que 0.074 mm.
- ✓ Limo, constituido por partículas menores que 0.074 mm y mayores que 0.002 mm.
- ✓ Arcilla, Constituida por partículas menores que 0.002 mm.

Además, esos resultados facilitan la comparación de diferentes suelos. Además, permite determinar tres parámetros básicos del suelo, necesarios para clasificar suelos granulares: Diámetro efectivo, Coeficiente de Uniformidad y Coeficiente de Curvatura.

2.2.8.2. Contenido De Humedad

Porcentaje de humedad; se le considera como la pérdida de peso de una muestra cuando se seca en el horno.

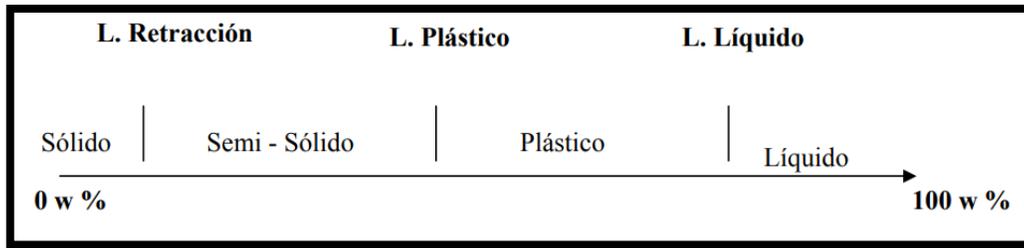
La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este modo operativo determina el peso de agua eliminada, secado el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 +- 5°C. El peso del suelo que pertenece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, 2016).

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{Peso natural} - \text{Peso seco al horno}}{\text{Peso natural}} \times 100$$

2.2.8.3. Ensayo de Límites de Atterberg

Los límites de Atterberg o también llamados límites de consistencia se basan en el concepto de que los suelos finos, presentes en la naturaleza, pueden encontrarse en diferentes estados, dependiendo de su propia naturaleza y la cantidad de agua que contengan. Así, un suelo se puede encontrar en un estado sólido, semisólido, plástico y líquido o viscoso.

Figura 21 Límites de Atterberg



Fuente: (Braja M. D. , 2008)

- ✓ **Límite líquido:** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco. Este límite se define arbitrariamente como el contenido de humedad necesario para que las dos mitades de una pasta de suelo de 1 cm. De espesor (Ensayo de la copa de casa grande) fluyan y se unan en una longitud de 12 mm aproximadamente, de acuerdo a un determinado número de golpes.

Figura 22 Limite liquido



Fuente: propia.

Luego de que se haya unido la muestra en la copa casa grande, se coloca una pequeña porción de esa muestra en una tara y se pesa, y se lleva al horno por 24 horas y se vuelve a pesar.

- ✓ Límite plástico: Es el mínimo contenido de agua con el que el suelo permanece en estado plástico, es decir el suelo no admite deformaciones sin rotura.
- ✓ Límite de retracción: Humedad en la que una pérdida mayor de agua no provoca disminución en el volumen de suelo.

El contenido de agua con que se produce el cambio entre estados varía de un suelo a otro y en mecánica de suelos interesa fundamentalmente conocer el rango de humedades para el cual el suelo presenta un comportamiento plástico, es decir, acepta deformaciones sin romperse (plasticidad). Se trata de la propiedad que presentan los suelos hasta cierto límite.

2.2.8.4. Ensayo de Proctor modificado

El ensayo Proctor se realiza para determinar la humedad óptima a la cual un suelo alcanzará su máxima compactación. La humedad es importante pues aumentando o disminuyendo su contenido en el suelo se pueden alcanzar mayores o menores densidades del mismo, la razón de esto es que el agua llena los espacios del suelo ocupados por aire (recordemos que el suelo está compuesto de aire, agua y material sólido), permitiendo una mejor acomodación de las partículas, lo que a su vez aumenta la compactación. Sin embargo, un exceso de agua podría provocar el efecto contrario, es decir separar las partículas disminuyendo su compactación. Es por esto que el ensayo Proctor tiene una real importancia en la construcción, ya que las carreteras y las estructuras necesitan de una base resistente donde apoyarse, y un suelo mal compactado podría significar el colapso de una estructura bien diseñada, en algunos casos, como por ejemplo en caminos de poco tráfico o de zonas rurales, el suelo constituye la carpeta de rodado, por lo que la importancia de la compactación se hace evidente.

Este ensayo radica en colocar capas del suelo previamente clasificado dentro de moldes con ciertas dimensiones ya establecidas, cada capa es compactada en 25 o 56 golpes con un pisón de 10lbf desde una altura de 18 pulg; con lo cual se aplica un esfuerzo de aproximadamente de 56000 pie-lbf/pie³. Con esto se determina el peso unitario seco; con el cual obtendremos una relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco, con el cual se podrá desarrollar la curva de compactación en el cual se determinará el óptimo contenido de agua y máximo peso unitario.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través del manual de ensayos de procedimientos para realizarlo de manera correcta y esto se encuentra en la sección MTC E

115. Para realizar el ensayo de compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) se debe tener en cuenta que debe haber un 30% o menos retenidas en el tamiz $\frac{3}{4}$. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, 2016). Este método proporciona tres métodos dependiendo al material retenido en la malla N° 4:

- Método A: Para este método, se utiliza moldes de 4 pulg, se tiene en consideración que se puede utilizar el método A cuando el material retenido es un 20% o menos en la malla N° 4. En este método se utilizan 5 capas para su compactación con 25 golpes por cada capa. Si el material a estudiar no cumple con el porcentaje dado se debe ensayar con el método B o C. El material utilizado es el que pasa por la malla N° 4. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, 2016).

- Método B: En este método, se utiliza moldes de 4 pulg, se tiene en consideración que se puede utilizar el método B cuando el material retenido es un 20% o más en la malla N° 4 y un 20% o menos es retenido en la malla $\frac{3}{8}$. En este método se utilizan 5 capas para su compactación con 25 golpes por cada capa. Si el material a estudiar no cumple con el porcentaje dado se debe ensayar con el método C. El material utilizado es el que pasa por la malla $\frac{3}{8}$. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, 2016).

- Método C: Se utiliza moldes de 6 pulg, se tiene en consideración que se puede utilizar el método C cuando el material retenido es un 20% o más en la malla $\frac{3}{8}$ y un 30% o menos de la malla $\frac{3}{4}$. En este método se utiliza 5 capas para su compactación con 56 golpes por cada capa. El material utilizado es el que pasa por la malla $\frac{3}{4}$. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de ensayo de materiales, 2016)

2.2.8.5. Ensayo de CBR

CBR significa en español Relación de Soporte California, por las siglas en inglés de “California Bearing Ratio”, donde se debe determinar la capacidad de soporte de suelos y agregados compactados en laboratorio, con una humedad óptima y niveles de compactación variables.

Consiste básicamente en compactar un terreno en unos moldes normalizados (determinar la carga que hay que aplicar a un pistón circular de 19,35 cm² para introducirlo en una muestra

de suelo a una velocidad de 1,27 mm/min y hasta obtener una penetración de 2,54 mm.), sumergirlos en agua y aplicar un punzonamiento sobre la superficie del terreno mediante un pistón normalizado.

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

Además de los ensayos anteriormente mencionados se realizará un ensayo para determinar la erosión del material fino en el afirmado, por la condición de la lluvia.

2.2.9. Ensayo de Guilow

También conocido como Ensayo de erosión por Pulverizado de Agua a Presión o ensayo Yttrup ya que fue desarrollado por Peter Yttrup y estudiantes de la Universidad de Deakin, en Guilow Australia.

Equipos:

Procedimiento de Ensayo:

- Se pesa el espécimen en una balanza electrónica para obtener el peso inicial. (Muestra material granular compactada).
- Se coloca el espécimen sobre el aparato de ensayo de erosión de Guilow con una presión de agua constante de 0.5bar o 25kpa, durante 15 minutos.
- Se retira la muestra y se mide la profundidad y diámetro de erosión.
- Se pasa secar la muestra en el horno electrónico durante 24 horas a 120 grados
- Finalmente se pesa el espécimen para obtener el peso final.

Tabla 1 Criterio de clasificación para la resistencia a la erosión

Propiedad	Criterio	Resultado
D(profundidad perforación) en mm	$0 < D \leq 15$	Apto
	$D > 15$	No apto
P (profundidad de penetración del agua) en mm	$P < 120$	Apto
	$P \geq 120$	No apto

Fuente: Universidad Politécnica de Madrid.

2.3. Definición de términos

- **Pavimento rígido**

Constituido por cemento Portland como aglomerante, agregados y de ser al caso aditivos. El pavimento rígido es una estructura diseñada con la capacidad de absorber las fuerzas causadas por la acción de las cargas que ocasiona los vehículos, este tiene ventajas como; velocidad de construcción, mayor vida útil, mantenimiento mínimo, requiere menor estructura de soporte.

- **Base granular**

Es la capa que soporta a la superficie de rodadura en el pavimento rígido, tiene la función de servir de soporte estructural al pavimento rígido ya que su aporte estructural es mínimo.

- **Mortero de cemento**

Es una mezcla de agua, cemento y agregado, en casos no es necesario la utilización del agregado, esto dependerá al uso que se dará.

- **Ensayo de Guilow**

Ensayo en el cual se mide la pérdida de material producido por un chorro de agua a presión constante sobre una muestra de material ensayada (Compactada).

- **CBR**

Es la capacidad de soporte que tiene todo material utilizado en la construcción de las diferentes capas de un pavimento.

- **Fenómeno de Bombeo**

Este fenómeno se produce por la presencia de agua en las juntas de los pavimentos rígidos, lo cual produce la pérdida de material fino en la base granular, la carga vehicular produce esfuerzos en el pavimento y al no tener un soporte se produce fracturas.

- **Junta**

Separación establecida entre dos partes contiguas de una obra, para permitir su expansión o retracción por causa de las temperaturas ambientes.

2.4. Hipótesis de la Investigación

2.4.1. Hipótesis General

La adición mortero de cemento en la base granular reduce el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos, evaluado mediante el ensayo de Guilow.

2.4.2. Hipótesis Específicas

- a) El mortero de cemento mejora las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido, evaluado mediante el ensayo de Guilow.
- b) El mortero de cemento incrementa el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido, evaluado mediante el ensayo de Guilow.
- c) Existe una dosificación óptima del mortero de cemento que reduce el fenómeno de bombeo en el material granular de un pavimento rígido, evaluado mediante el ensayo de Guilow.

2.5. Variables

2.5.1. Definición conceptual de la variable

Fenómeno de bombeo (Y); fenómeno producido al filtrarse agua entre las juntas de las losas de pavimentos rígidos, la presencia de esta produce que el material fino entre en suspensión (arenas finas y limos), disponibilidad de agua en las capas inferiores del pavimento, deflexiones excesivas en bordes y esquinas.

Mortero de cemento (X); compuesto producido con agua y cemento que se añadirá al material granular para poder evitar la pérdida de finos

2.6. Definición Operacional De Variables

La forma matemática de como las variables se comporta:

$Y = F(X)$, donde:

X = Variable independiente.

Y = Variable dependiente.

2.7. Operacionalización de la Variable

Variables	Definición Conceptual	Dimensión	Indicadore s	Medidas
-----------	--------------------------	-----------	-----------------	---------

Fenómeno de bombeo Variable Dependiente (Y)	Fenómeno producido en las juntas de las losas de pavimentos rígidos por la presencia de agua, la presencia de esta produce la pérdida de finos.	Propiedades físico mecánicas del material.	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad máxima seca • Optimo contenido de humedad 	<ul style="list-style-type: none"> • Gr/cm³ • % en peso
		Valor de soporte del suelo.	<ul style="list-style-type: none"> • CBR 	<ul style="list-style-type: none"> • Esfuerzo-penetración
		Ensayo de Guilow	<ul style="list-style-type: none"> • Peso 	<ul style="list-style-type: none"> • kg
Mortero de cemento Variable Independiente (X)	Compuesto producido con agua y cemento que se añadirá al material granular para poder evitar la pérdida de finos.	Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> • Porcentaje 	<ul style="list-style-type: none"> • % en peso.

CAPITULO III METODOLOGÍA

3.1. Método de investigación

El método general de investigación es el Científico, porque expone una serie de procesos sistemáticos que hay que recorrer para obtener un conocimiento válido desde el punto de vista científico, utilizando para esto instrumentos que resulten fiables. Lo que hace este método es disminuir la influencia de la subjetividad del científico en su trabajo.

3.2. Tipo de Investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque basada en un marco teórico, tiene la finalidad de formular nuevas teorías por medio de la recolección de datos y así generar soluciones a problemas específicos que se quieren resolver.

3.3. Nivel de Investigación

El nivel de investigación es descriptivo, explicativo. Con el análisis descriptivo buscamos conceptualizar las propiedades, las características y procesos, objetos o cualquier otro fenómeno que podamos someter a un análisis. Es decir, solamente perseguimos medir o acopiar información de manera independiente o conjunta sobre los conceptos o las variables a las que se refieren, esto es, su objetivo no es indicar cómo se relacionan éstas.

Los estudios explicativos van más allá de la descripción de conceptos o fenómenos o del establecimiento de relaciones entre conceptos; es decir, están conducidos a responder por las causas de los eventos y fenómenos físicos o sociales. Como su nombre lo indica, su objetivo se centra en explicar por qué ocurre un fenómeno y en qué condiciones se manifiesta o por qué se relacionan dos o más variables.

3.4. Diseño de Investigación

El diseño de la investigación es cuasiexperimental; ya que se tendrá un grupo de control, el cual son los resultados del material en estado natural, y con ello se observará los resultados que se obtendrá al manipular la variable dependiente.

Oc ---- Xc ---- Mc

O1 ---- X1 ---- M1

3.5. Población y Muestra

3.5.1. Población

Material granular de la cantera de Quebrada Honda ubicada en el distrito de El Tambo, provincia de Huancayo y Región Junín.

3.5.2. Muestra

El tipo de muestreo es no aleatorio o dirigido, dado que se tomará una porción de material granular de aproximadamente mil ochocientos kilogramos de peso (aprox. Dos metros cúbicos), los cuales serán usados como muestra en los diferentes ensayos.

3.6. Técnicas e Instrumentos para recolección de datos

3.6.1. Técnicas

- Extracción de muestra de cantera de Huancayo específicamente Quebrada Honda, la cantidad necesaria para los ensayos.
- Caracterización del material granular
- Determinación de las propiedades del material granular, granulometría límites de consistencia, proctor y CBR.
- Realización de moldes del material granular sin adición para el ensayo de Guilow.
- Mezcla de espécimen de material granular con diferentes dosificaciones de mortero de cemento.
- Realización de moldes del material granular con adición de mortero de cemento para el ensayo de Guilow.
- Análisis de datos estadísticos, interpretación y elaboración de conclusiones y recomendaciones.

3.6.2. Instrumentos

- Balanza.
- Moldes de Proctor y CBR.
- Prensa para la medición de la resistencia.
- Mallas según tamaño.
- Ensayo de Guilow mediante chorro de agua.

3.7. Procesamiento de la información

El procesamiento de la información o la data obtenida se dará a través del siguiente programa:

Excel; mediante el programa de Excel se realizará el procesamiento de datos de los ensayos que se realizara en el laboratorio, se desarrollará tablas donde se muestre de manera clara y explicativa los ensayos y resultados obtenidos; realizando los siguientes pasos.

Elaboración de tablas donde se muestre el desarrollo de los datos que se obtendrán en laboratorio. Programar las fórmulas para los diferentes ensayos que se realizaran. Introducir los resultados obtenidos en las tablas ya programadas y así se obtendrán los datos que se necesitarán para validar la hipótesis.

3.8. Técnicas y análisis de datos

Todos los datos obtenidos son a través de ensayos realizados con instrumentos calibrados; los ensayos están regidos a las normas del país actualmente en los cuales nos indica la manera correcta de realizar los ensayos.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa SPSS; mediante este programa se realizará el desarrollo de estadístico de los datos obtenidos luego de los ensayos realizados, la normalidad o no normalidad de datos que se pudiera obtener, las gráficas de tendencia también se obtendrán mediante este programa; siguiendo estos pasos.

CAPITULO IV RESULTADOS

4.1. Descripción de Resultados

En esta sección nos enfocaremos en los análisis de los resultados obtenidos después de los ensayos realizados en laboratorio para obtener el óptimo porcentaje de cemento y su óptima relación agua cemento A/C, se realizaron ensayos a 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5% de cemento del peso total de material granular y una relación de 1.75, 2, 2.25, 2.5 y 2.75 de agua cemento A/C.

Se analizará todos los datos obtenidos de los ensayos realizados y se contrastará con los requisitos que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones MTC nos indica a través de sus manuales.

Cada uno de los ensayos realizados se realizaron siguiendo las recomendaciones y pasos que el MTC nos indica.

4.2. Análisis de Material en Estado Natural

El material ensayado es de estado natural extraído de la cantera de Quebrada Honda, el manual de ensayos de material nos indica el procedimiento para el muestreo a través de MTC E201.

4.2.1. Contenido de Humedad

En la tabla muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad aplicado al material en estado natural, el ensayo se realizó de acuerdo al manual de ensayo de material del Ministerio de Transportes y Comunicaciones especialmente el ensayo MTC E 108.

Tabla 2 Ensayo de Granulometría MTC E 108

ENSAYO N°	1	2	3
Nro. DE RECIPIENTE	T-01	T-02	T-03
PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO gr.	776.0	819.0	795.0
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO gr.	739.0	777.0	757.0
PESO DE LA RECIPIENTE gr.	57.0	53.0	51.0
PESO DEL AGUA gr.	37.0	42.0	38.0
PESO SUELO SECO gr.	682.0	724.0	706.0
HUMEDAD %	5.43	5.80	5.38
HUMEDAD NATURAL PROMEDIO %	5.6		

4.2.2. Granulometría

En la tabla se muestra los resultados después de realizar el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, los procedimientos realizados son normados en MTC E 106. Para realizar este ensayo es necesario que la muestra sea secada a temperatura de ambiente, para poder evitar la pérdida de los finos en caso que el secado sea a través del horno. El ensayo de granulometría se realizó con un material de 5000 para poder observar una mejor distribución del material en cada tamiz.

Tabla 3 Análisis granulométrico por tamizado.

TAMIZ	AASHTO T-27	PESO	% RETEND.	% RETEND.	% QUE
	(mm)	RETENIDO	PARCIAL	ACUMULADO	PASA
4"	101.600	0			100.0
3"	75.000	0.0			100.0
2 1/2"	60.350	0.0			100.0
2"	50.800	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	25.400	640.0	12.8	12.8	87.2
3/4"	19.000	424.0	8.5	21.3	78.7
3/8"	9.500	790.0	15.8	37.1	62.9
Nº 4	4.750	622.0	12.4	49.5	50.5
Nº 10	2.000	775.0	15.5	65.0	35.0
Nº 20	0.840	442.0	8.8	73.9	26.1
Nº 40	0.425	307.0	6.1	80.0	20.0
Nº 60	0.250	176.0	3.5	83.5	16.5
Nº 100	0.150	197.0	3.9	87.5	12.5
Nº 200	0.075	377.0	7.5	95.0	5.0
< Nº 200	FONDO	250.0	5.0	100.0	0.0
		5000.0			

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones a través de sus manuales nos recomienda que el material a utilizar en lugar que se encuentren a una altitud de más de 3000 m.s.n.m debe estar dentro de la gradación A ya que el material deberá soportar los extremos cambios climatológicos, como la temperatura y la presencia de agua.

En la siguiente tabla se observa los cuatro tipos de gradaciones y sus límites para poder clasificar el material dentro de cada uno de ellos.

Tabla 4 Gradación A.

Gradación A para zonas mayores a 3000 msnm					
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	Porcentaje que pasa			
		A	B	C	D
2"	50.800	100.0	100.0		
1"	25.400	-	75-95	100.0	100.0
3/8"	9.500	30-65	40-75	50-85	60-100
Nº 4	4.750	25-55	30-60	35-65	50-85
Nº 10	2.000	15-40	20-45	25-50	40-70
Nº 40	0.425	8-20	15-30	15-30	25-45
Nº 200	0.075	2-8	5-15	5-15	8-15

Fuente: ASTM D 1241

Es necesario poder observar cómo se distribuye el material en una curva granulométrica para poder ver si tiene una buena distribución. En la figura 23 muestra la curva granulométrica resultado del ensayo de granulometría y el procesamiento de datos, esta curva esta con respecto al porcentaje que pasa por cada malla.

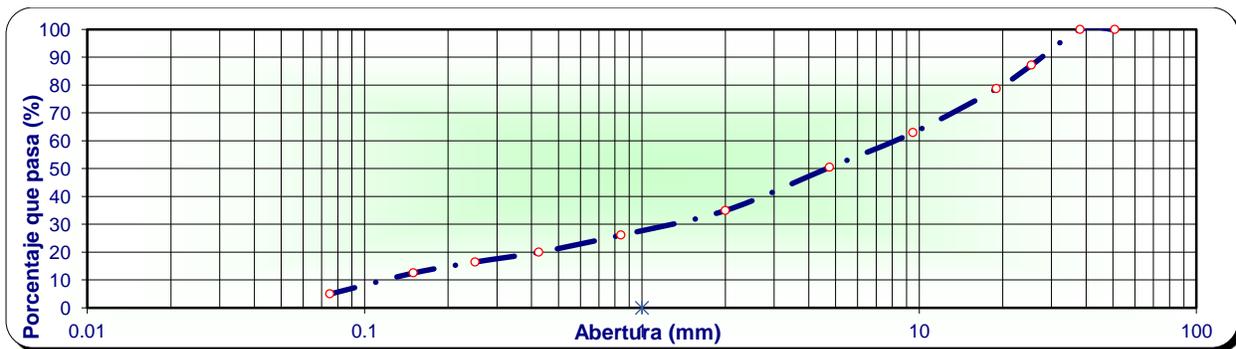


Figura 23 Curva granulométrica..

4.2.3. Límites de Consistencia

Los límites de consistencia o límites de Atterberg son importantes para poder observar el comportamiento del suelo.

Límite líquido; normado por MTC E 110 del manual de ensayo de materiales, donde el objetivo principal es obtener el contenido de humedad a los 25 golpes de la copa de Casagrande.

En la tabla muestra el ensayo de limite liquido donde el objetivo principal es obtener puntos para poder realizar el grafico donde se obtendrá el limite líquido a los 25 golpes.

Tabla 5 Limite líquido.

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)				
NUMERO DE RECIPIENTE		T-07	T-021	T-014
PESO RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	(gramos)	80.00	87.00	79.00
PESO RECIPIENTE + SUELO SECO	(gramos)	74.00	81.00	75.00
PESO DE AGUA	(gramos)	6.00	6.00	4.00
PESO DE LA RECIPIENTE	(gramos)	53.00	58.00	56.00
PESO DEL SUELO SECO	(gramos)	21.00	23.00	19.00
CONTENIDO DE HUMEDAD	(% Porcentaje)	28.57	26.09	21.05
NUMERO DE GOLPES		32	24	17

En la figura 24 se muestra la obtención del límite líquido, este se obtiene proyectando a 25 golpes hasta la línea de contenido de humedad, luego se proyecta horizontalmente al eje de contenido de humedad a 25 golpes el cual es 26%.

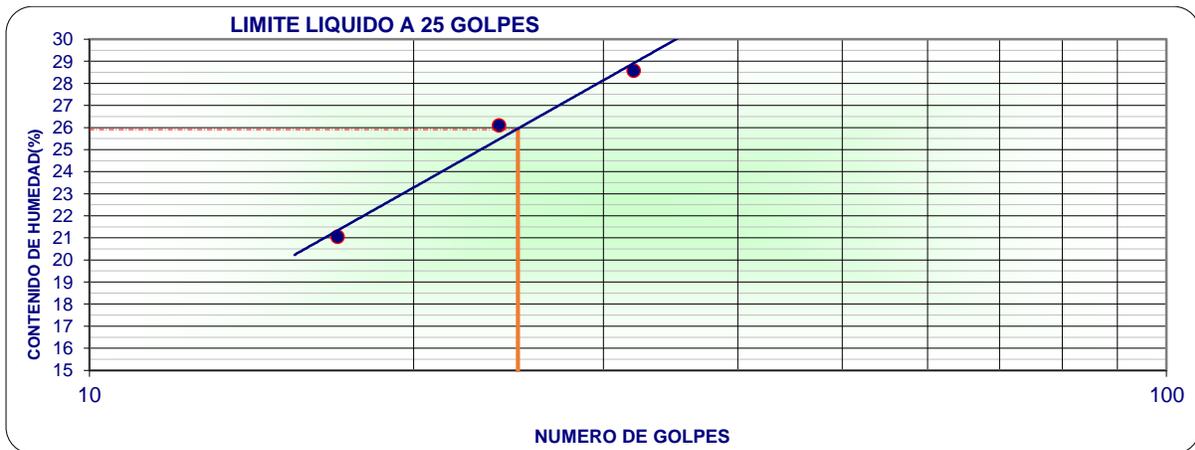


Figura 24 Limite líquido.

Limite plástico; la finalidad es realizar barras del suelo pasantes del tamiz N° 40, esta normado en la sección MTC E 111.

Tabla 6 Limite plástico.

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)				
N° TARA		T-01	T-02	Promedio
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gramos)	95.10	100.60	
PESO TARA + SUELO SECO	(gramos)	87.30	92.60	
PESO DE LA TARA	(gramos)	52.50	58.10	
PESO DEL AGUA	(gramos)	7.80	8.00	
PESO DEL SUELO SECO	(gramos)	34.80	34.50	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(% Porcentaje)	22.41	23.19	

La tabla 7 muestra el resumen de los resultados obtenidos después de los ensayos, se muestra los límites de consistencia y su consiguiente índice de plasticidad el cual es la resta del límite líquido y el limite plástico.

Tabla 7 Límites de consistencia.

Constantes Físicas De La Muestra	
Límite Líquido (%)	26
Límite Plástico (%)	23
Índice De Plasticidad (%)	3

4.2.4. Compactación de Suelo utilizando Energía Modificada – Proctor Modificado

La finalidad de este ensayo es obtener la relación entre el peso unitario seco y el contenido de humedad mediante una curva de compactación.

Este ensayo se realizó mediante las recomendaciones en MTC E 115 donde se detalla el procedimiento exacto para poder realizar el ensayo.

La energía necesaria para la compactación es de 2700 KN-m/m³ y esta se obtiene con los instrumentos calibrados y realizando los ensayos según la normativa establecida.

Existen tres métodos dependiendo a la granulometría del suelo, para el material estudiado se realizó el método C, ya que en el tamizado se obtuvo que más del 20% es retenido en la malla 3/8 y menos del 30% del peso es retenido en la malla 3/4, el material utilizado para el ensayo de proctor modificado en el cual se utilizó el molde de 6 pulgadas de diámetro es el pasante de la malla 3/4, se utilizó 56 golpes en cada una de las 5 capas que se establece en la norma.

En la tabla se aprecia los resultados obtenidos después del ensayo de proctor modificado.

Tabla 8 Primer ensayo proctor modificado.

Ensayo Numr.		1	2	3	4
Número de estratos		5	5	5	5
Golpes de Pisón por estrato		56	56	56	56
Peso suelo mojado + matriz	Gramos	11271	11572	11608	11439
Peso matriz + base	Gramos	6490	6490	6490	6490
Peso suelo mojado compactado	Gramos	4781	5082	5118	4949
Volumen de la matriz	Gramos	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico mojado	gr/cm ³	2.293	2.437	2.455	2.374
Recipiente N°		Tc-011	Tc-012	Tc-014	Tc-015
Peso del suelo húmedo+ Recipiente	Gramos.	358.3	354.8	378.5	312.9
Peso del suelo seco + Recipiente	Gramos.	354.0	342.3	359.3	295.0
Peso de Recipiente	Gramos.	56.3	51.4	58.1	49.1
Peso de agua	Gramos	4.3	12.5	19.2	17.9
Peso del suelo seco	Gramos	297.7	290.9	301.2	245.9
Contenido de agua	%	1.4	4.3	6.4	7.3
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.260	2.337	2.308	2.213

Tabla 9 Segundo ensayo proctor modificado

Ensayo Numr.		1	2	3	4
Número de estratos		5	5	5	5
Golpes de Pisón por estrato		56	56	56	56
Peso suelo mojado + matriz	Gramos	11296	11652	11559	11443
Peso matriz + base	Gramos	6490	6490	6490	6490
Peso suelo mojado compactado	Gramos	4806	5162	5069	4953
Volumen de la matriz	Gramos	2085	2085	2085	2085
Peso volumétrico mojado	gr/cm ³	2.305	2.476	2.431	2.376
Recipiente N°		Tc-01	Tc-02	Tc-03	Tc-04
Peso del suelo húmedo+ Recipiente	Gramos.	307.7	330.4	368.3	342.4
Peso del suelo seco + Recipiente	Gramos.	299.5	315.9	346.8	317.8
Peso de Recipiente	Gramos.	56.3	51.4	58.1	49.1
Peso de agua	Gramos	8.2	14.5	21.5	24.6
Peso del suelo seco	Gramos	243.2	264.5	288.7	268.7
Contenido de agua	%	3.4	5.5	7.4	9.2
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	2.230	2.347	2.263	2.176

Tabla 10 Tercer ensayo proctor modificado

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

En las figuras se aprecia las curvas de densidad seca vs contenido humedad de donde se obtendrá el óptimo contenido de humedad necesario para el ensayo de CBR, también se obtendrá la máxima densidad seca, estos datos se obtienen en la tangente en el punto mayor de la curva de relación humedad - densidad.

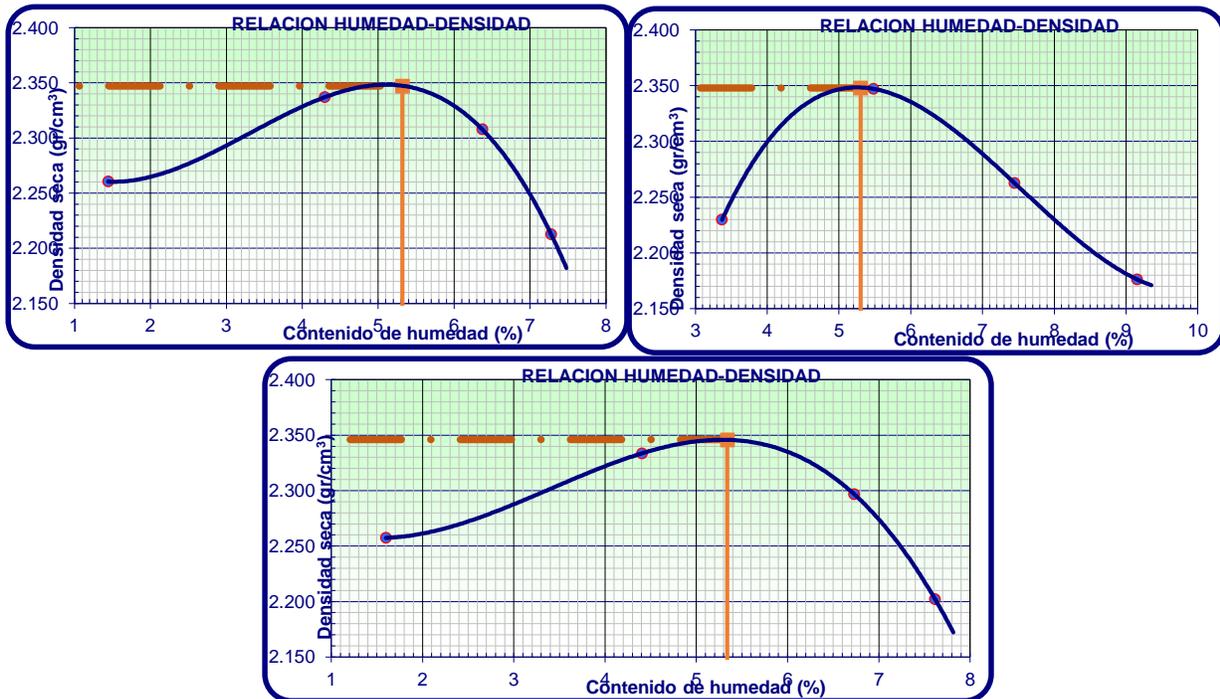


Figura 25 Curva densidad - Contenido de humedad – Primer, segundo y tercer ensayo.

En las tablas se muestra humedad óptima y densidad máxima seca los cuales son los resultados necesarios para realizar el ensayo CBR.

Tabla 11 Resultados densidad, humedad óptima – Primer, segundo y tercer ensayo.

Nro. Ensayo	1	2	3
Máxima Densidad Seca MDS (gr/cm ³)	2.347	2.348	2.346
Óptimo contenido de humedad OCH (% porcentaje)	5.320	5.300	5.340

4.2.5. Valor CBR

Relación CBR del material de base granular necesita cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla, esto menciona como requisitos mínimos el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Tabla 12 Requisitos de base granular

Requisitos de calidad para base granular			
Índice plasticidad	2min%	MTC E 111	
CBR	80min%	MTC E 132	ejes equivalentes <10000000
CBR	100min%	MTC E 133	ejes equivalentes >10000000

Fuente: MTC especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Con el valor CBR se evaluará la capacidad portante del suelo a estudiar en el siguiente trabajo de investigación, básicamente se trata de compactar la muestra de suelo en diferentes capas o estratos superficialmente con el pistón normalizado.

Tabla 13 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12986	12723	12772
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931

Peso del suelo mojado	(gr)	5152	4974	4841
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.438	2.354	2.285
Humedad	(%)	5.670	5.590	5.710
Densidad seca	(g/cm3)	2.307	2.229	2.162
Numero de Recipiente		11	12	31
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	358.30	341.20	389.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	341.90	326.10	371.00
Peso del Agua	(gr)	16.40	15.10	18.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	289.30	269.90	320.40
Humedad	(%)	5.67	5.59	5.71

Tabla 14 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		011	012	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12996	12721	12778
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5162	4972	4847
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.443	2.353	2.287
Humedad	(%)	5.440	6.180	6.350
Densidad seca	(g/cm3)	2.317	2.216	2.150
Numero de Recipiente		09	07	013
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	287.10	253.80	352.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	275.00	242.30	334.20
Peso del Agua	(gr)	12.10	11.50	18.00
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	222.40	186.10	283.60
Humedad	(%)	5.44	6.18	6.35

Tabla 15 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		011	012	013
Numero de estratos compactados		5	5	5
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12987	12815	12761

Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5153	5066	4830
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.439	2.398	2.279
Humedad	(%)	5.440	5.710	5.330
Densidad seca	(g/cm³)	2.313	2.268	2.164
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	345.30	378.30	345.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	330.20	360.90	330.30
Peso del Agua	(gr)	15.10	17.40	14.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	277.60	304.70	279.70
Humedad	(%)	5.44	5.71	5.33

Después del compactado se pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras de suelo en estado natural.

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas o suelos no cohesivos.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante. El ensayo de CBR se centra en los valores cuando la penetración es de 0.1 pulgadas y de 0.2 pulgadas, el ministerio de transportes y comunicaciones nos dan requisitos que debe cumplir el material cuando la penetración es de 0.1 pulgadas y cuando el material alcanza su máxima densidad seca.

Tabla 16 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
	STA ND.	CARGA		CORRECC ION		CARGA		CORRECC ION		CARGA		CORRECC ION	
	lb/pu lg2	Dial (div)	lb/p ulg2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/p ulg2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/p ulg2	lb/pul g2	%
0.0000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.0250		0.64	144.7			0.64	139.2			0.64	93.5		
0.0500		1.27	377.4			1.27	296.8			1.27	136.4		
0.0750		1.91	610.2			1.91	416.6			1.91	178.7		

0.1000	1000 .0	2.54	752. 3	752.3 0	75. 2	2.54	446. 2	446.2 0	44. 6	2.54	181. 8	181.8 0	18. 2
0.1250		3.18	1105 .3			3.18	717. 9			3.18	249. 3		
0.1500		3.81	1338 .3			3.81	857. 4			3.81	349. 3		
0.2000	1500 .0	5.08	1555 .1	1555. 10	10 3.7	5.08	977. 4	977.4 0	65. 2	5.08	388. 5	388.5 0	25. 9
0.3000		7.62	2619 .6			7.62	1409 .2			7.62	462. 1		
0.4000		10.16	3366 .3			10.16	1725 .1			10.16	548. 8		
0.5000		13	3782 .4			13	1932 .5			13	606. 2		

Tabla 17 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STA ND.	CARGA		CORRECC ION		CARGA		CORRECC ION		CARGA		CORRECC ION	
	lb/pu lg2	Dial (div)	lb/pu lg2	lb/pu lg2	%	Dial (div)	lb/pu lg2	lb/pu lg2	%	Dial (div)	lb/pu lg2	lb/pu lg2	%
0.0000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.0250		0.64	138.9			0.64	115.7			0.64	74.6		
0.0500		1.27	367.4			1.27	292.8			1.27	125.4		
0.0750		1.91	600.3			1.91	394.6			1.91	155.3		
0.1000	1000. 0	2.54	785.6	785.6 0	78. 6	2.54	432.2	432.2 0	43. 2	2.54	170.8	170.8 0	17. 1
0.1250		3.18	1091. 8			3.18	717.8			3.18	225.3		
0.1500		3.81	1323. 3			3.81	835.4			3.81	331.3		
0.2000	1500. 0	5.08	1550. 1	1550. 10	10 3.3	5.08	956.3	956.3 0	63. 8	5.08	383.5	383.5 0	25. 6
0.3000		7.62	2612. 6			7.62	1406. 2			7.62	454.8		
0.4000		10.16	3359. 3			10.16	1707. 1			10.16	534.8		
0.5000		13	3760. 9			13	1923. 1			13	588.5		

Tabla 18 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STA ND.	CARGA		CORRECC ION		CARGA		CORRECC ION		CARGA		CORRECC ION	
	lb/pu lg2	Dial (div)	lb/pu lg2	lb/pu lg2	%	Dial (div)	lb/pu lg2	lb/pu lg2	%	Dial (div)	lb/pu lg2	lb/pu lg2	%
0.0000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.0250		0.64	162.7			0.64	139.3			0.64	99.1		
0.0500		1.27	379.2			1.27	295.8			1.27	131.4		

0.0750		1.91	614.3			1.91	417.1			1.91	166.3		
0.1000	1000.0	2.54	701.3	701.30	70.1	2.54	452.2	452.20	45.2	2.54	177.2	177.20	17.7
0.1250		3.18	1114.8			3.18	739.8			3.18	233.3		
0.1500		3.81	1335.3			3.81	835.9			3.81	335.3		
0.2000	1500.0	5.08	1501.3	1501.30	100.1	5.08	973.3	973.30	64.9	5.08	401.7	401.70	26.8
0.3000		7.62	2616.5			7.62	1406.1			7.62	463.8		
0.4000		10.16	3361.3			10.16	1732.1			10.16	547.2		
0.5000		13	3652.3			13	1923.7			13	610.7		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor. También se puede observar que la distribución de los datos obtenidos en cada uno de las gráficas está dentro de lo esperado ya que no hay ningún dato que este disperso de los demás por lo cual no es necesario hacer una corrección como se precia en la tabla 18.

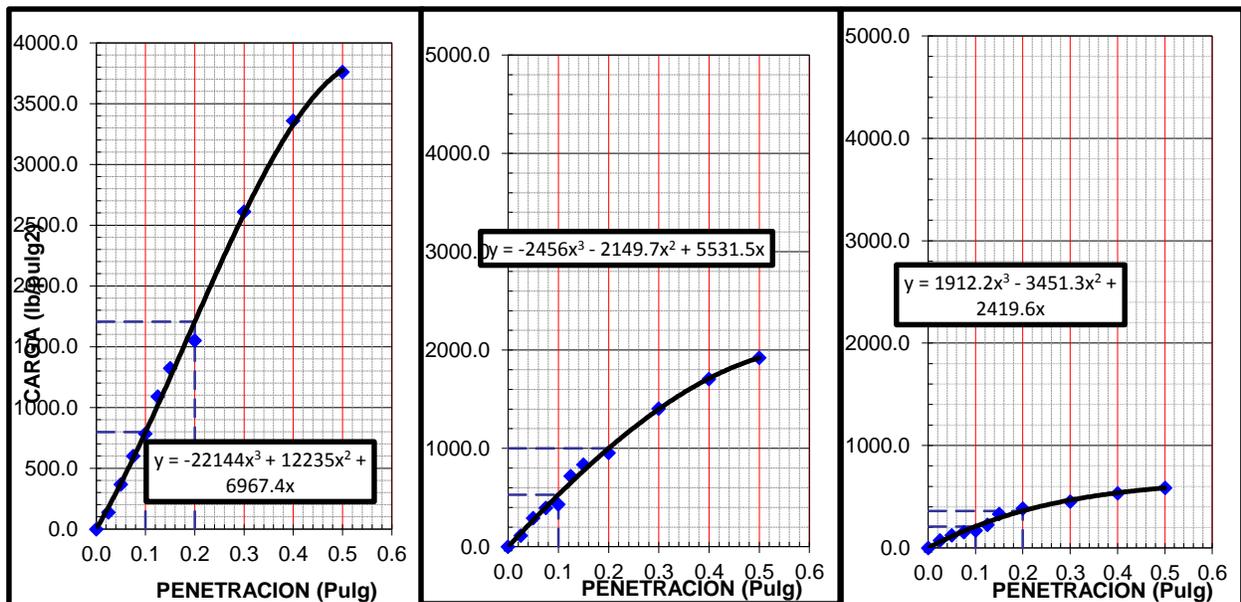


Figura 26 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

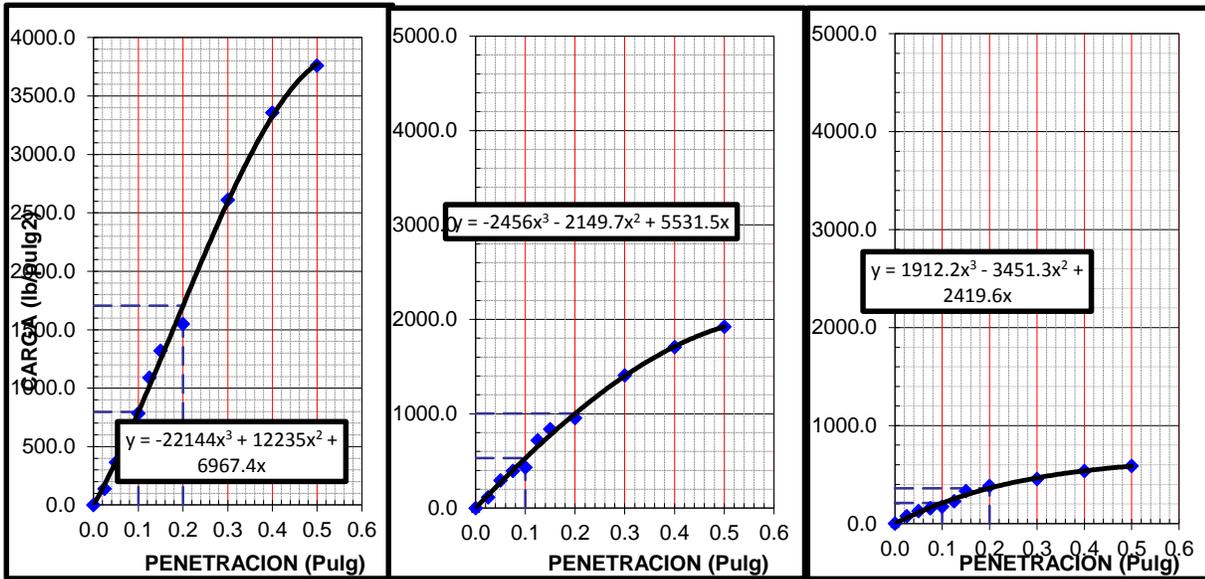


Figura 27 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

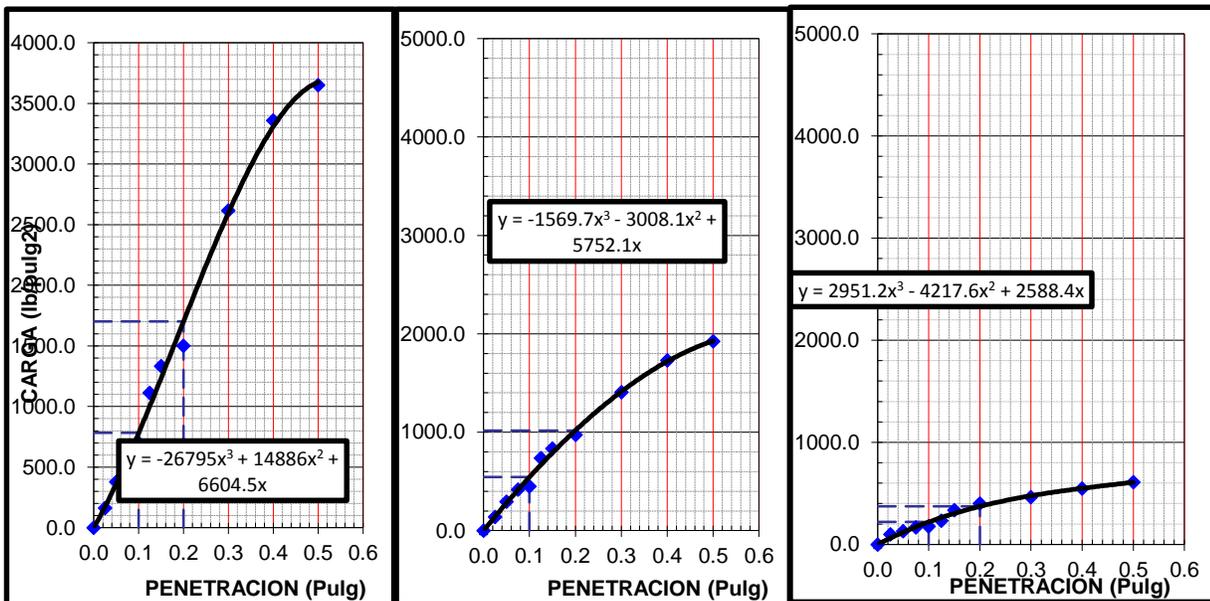


Figura 28 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

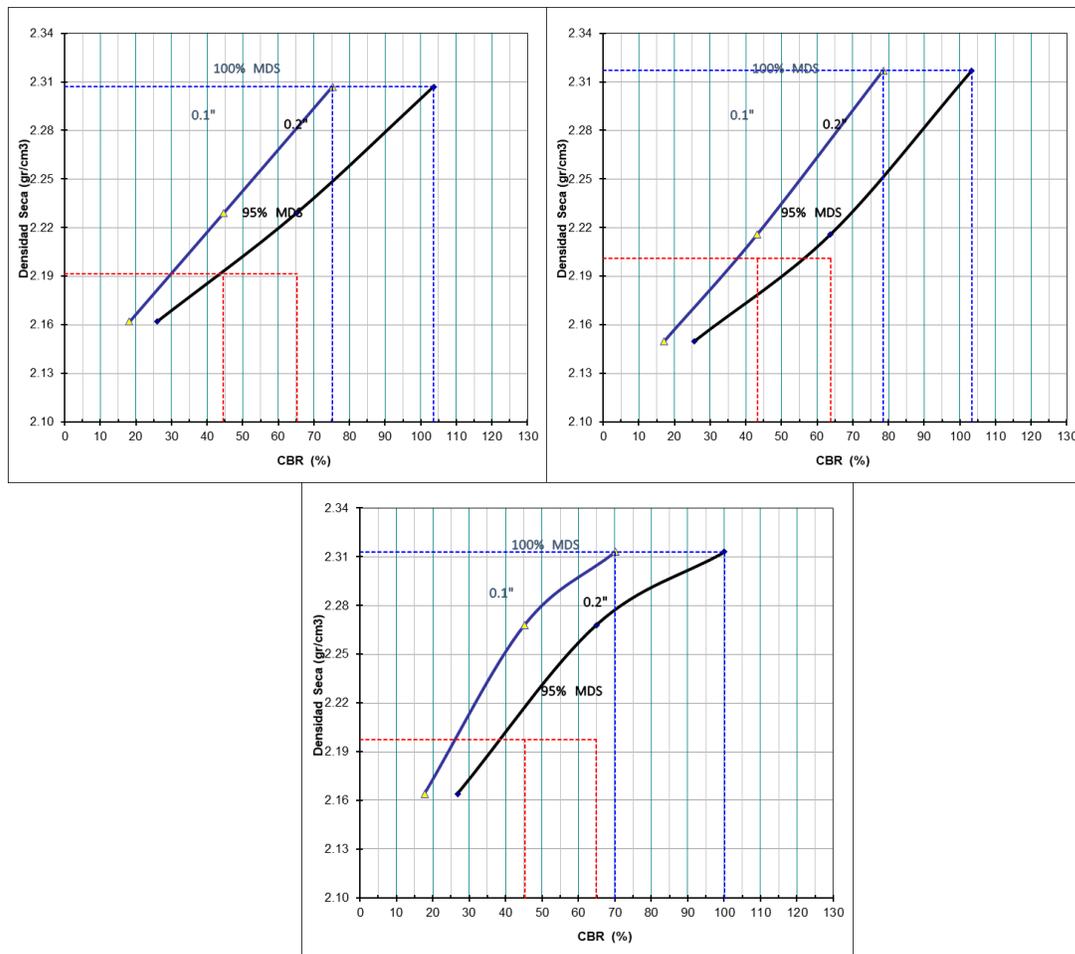


Figura 29 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Finalmente, para una densidad seca de 2.347, 2.348 y 2.346 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 5.32, 5.30 y 5.34% se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulgadas de penetración y 0.2 pulgadas de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 19 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo.

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD/PENETRACION	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	90.9	123.4	89.4	115.5	88.4	125.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	44.9	65.5	48.3	69.5	34.8	50.5

4.3. Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 1.75

Para realizar el ensayo de CBR se realizó con el promedio de los tres ensayos de proctor del material en estado natural, se tomó en cuenta 2.347 de Máxima densidad seca y 5.32 % de optimo contenido de humedad.

Se utilizó 6 kg de muestra del cual se tomó 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5 % para obtener el peso en cemento, obtenido el peso de cemento a través de la relación A/C se obtiene la cantidad de agua necesaria en peso. En la siguiente tabla se muestra los pesos obtenidos de cemento y agua.

Tabla 20 Pesos agua cemento A/C = 1.75

Peso muestra	%	a/c= 1.75	
		Peso cemento (gr)	Peso agua
6.00	0.5	30	52.50
6.00	0.75	45	78.75
6.00	1	60	105.00
6.00	1.25	75	131.25
6.00	1.5	90	157.50

Relación CBR del material de base granular necesita cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 21 Requisitos de base granular

Requisitos de calidad para base granular			
Índice plasticidad	2min%	MTC E 111	
CBR	80min%	MTC E 132	ejes equivalentes <10000000
CBR	100min%	MTC E 133	ejes equivalentes >10000000

Fuente: MTC especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

4.3.1. Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 1.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Con el valor CBR se evaluará la capacidad portante del suelo a estudiar.

Tabla 22 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13055	12789	12721
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5221	5040	4790
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.471	2.385	2.261
Humedad	(%)	6.140	5.810	5.670
Densidad seca	(g/cm3)	2.328	2.254	2.140
Numero de Recipiente		09	014	011
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	315.30	325.60	341.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.10	310.80	325.70
Peso del Agua	(gr)	15.20	14.80	15.60
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.50	254.60	275.10
Humedad	(%)	6.14	5.81	5.67

Tabla 23 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13001	12784	12714
Peso de matriz	(gr)	7749	7749	7749
Peso del suelo mojado	(gr)	5252	5035	4965
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.486	2.383	2.343
Humedad	(%)	6.120	5.820	5.620
Densidad seca	(g/cm3)	2.343	2.252	2.218
Numero de Recipiente		06	07	05
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	316.30	314.30	334.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	301.10	300.10	319.40
Peso del Agua	(gr)	15.20	14.20	15.10
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	248.50	243.90	268.80
Humedad	(%)	6.12	5.82	5.62

Tabla 24 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12969	12779	12720
Peso de matriz	(gr)	7749	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5220	5030	4789
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.470	2.381	2.260
Humedad	(%)	6.180	5.840	5.600
Densidad seca	(g/cm3)	2.326	2.250	2.140
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	317.10	324.60	342.70
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	301.70	309.80	327.20
Peso del Agua	(gr)	15.40	14.80	15.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	249.10	253.60	276.60
Humedad	(%)	6.18	5.84	5.60

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas o suelos no cohesivos.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 25 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		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	428.4			0.64	130.1			0.64	69.1		
0.050		1.27	659.6			1.27	274.8			1.27	104.3		
0.075		1.91	751.4			1.91	403.3			1.91	138.1		
0.100	1000.0	2.54	899.9	899.90	90.0	2.54	494.4	494.43	49.4	2.54	163.8	163.83	16.4
0.125		3.18	1020.6			3.18	606.8			3.18	192.5		
0.150		3.81	1495.6			3.81	695.0			3.81	221.1		
0.200	1500.0	5.08	1795.6	1795.60	119.7	5.08	872.0	872.05	58.1	5.08	273.3	273.30	18.2
0.300		7.62	2713.9			7.62	1143.1			7.62	360.7		
0.400		10.16	3349.3			10.16	1262.2			10.16	448.1		
0.500		13	3861.3			13	1592.0			13	526.8		

Tabla 26 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		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	434.3			0.64	130.1			0.64	71.0		
0.050		1.27	661.2			1.27	280.7			1.27	104.2		
0.075		1.91	753.6			1.91	407.2			1.91	139.3		
0.100	1000.0	2.54	978.9	978.90	97.9	2.54	517.8	517.80	51.8	2.54	161.1	161.10	16.1
0.125		3.18	1126.3			3.18	611.6			3.18	194.5		
0.150		3.81	1499.6			3.81	701.0			3.81	224.4		
0.200	1500.0	5.08	1796.6	1796.60	119.8	5.08	873.2	873.20	58.2	5.08	274.6	274.60	18.3
0.300		7.62	2714.8			7.62	1148.0			7.62	364.5		
0.400		10.16	3355.3			10.16	1267.3			10.16	452.1		
0.500		13	3865.7			13	1597.2			13	527.3		

Tabla 27 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAND. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		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	428.3			0.64	130.1			0.64	71.1		
0.050		1.27	661.6			1.27	279.7			1.27	104.2		
0.075		1.91	751.4			1.91	407.2			1.91	138.1		
0.100	1000.0	2.54	889.9	885.30	88.5	2.54	496.6	496.60	49.7	2.54	166.9	166.90	16.7

0.125		3.18	1125.3			3.18	611.8			3.18	192.5		
0.150		3.81	1495.6			3.81	698.1			3.81	225.1		
0.200	1500.0	5.08	1784.6	1784.6	119.0	5.08	874.0	874.05	58.3	5.08	275.9	275.90	18.4
0.300		7.62	2717.7			7.62	1143.2			7.62	365.7		
0.400		10.16	3352.3			10.16	1262.3			10.16	451.2		
0.500		13	3864.3			13	1592.0			13	528.5		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

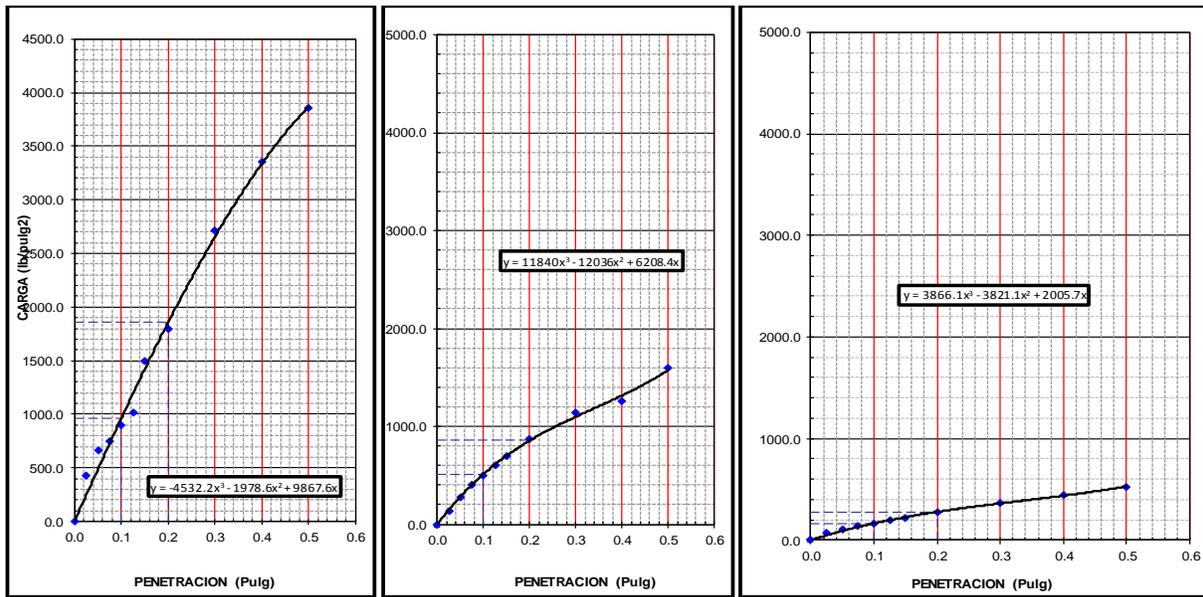


Figura 30 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

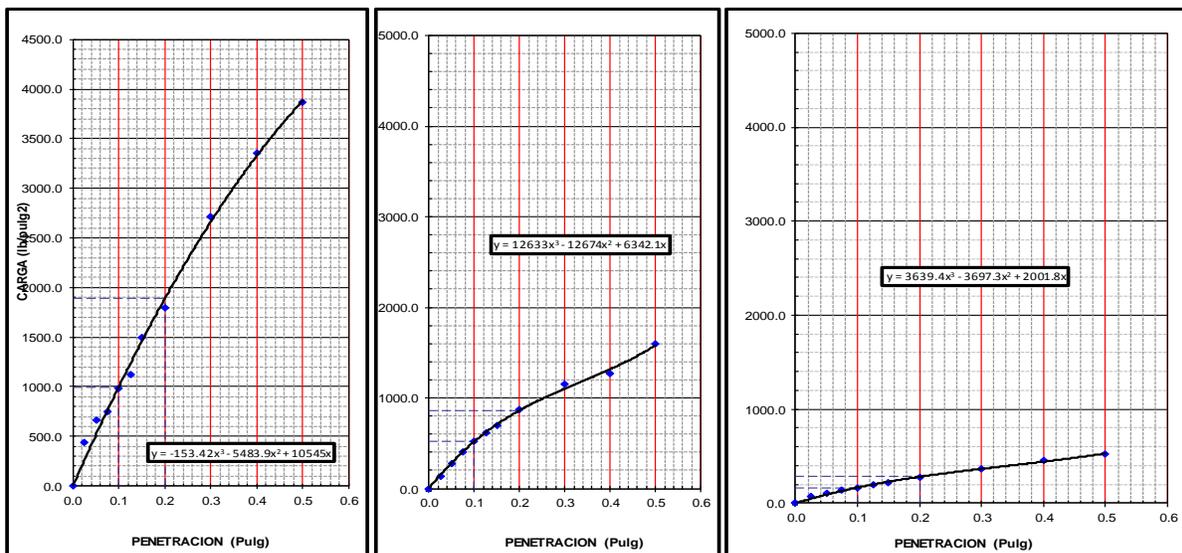


Figura 31 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

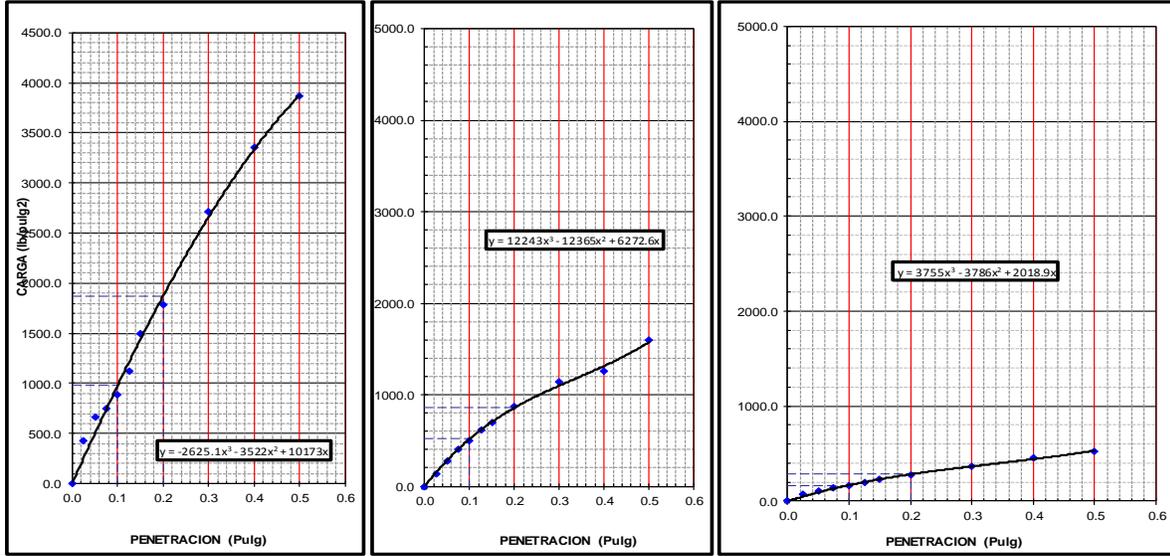


Figura 32 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

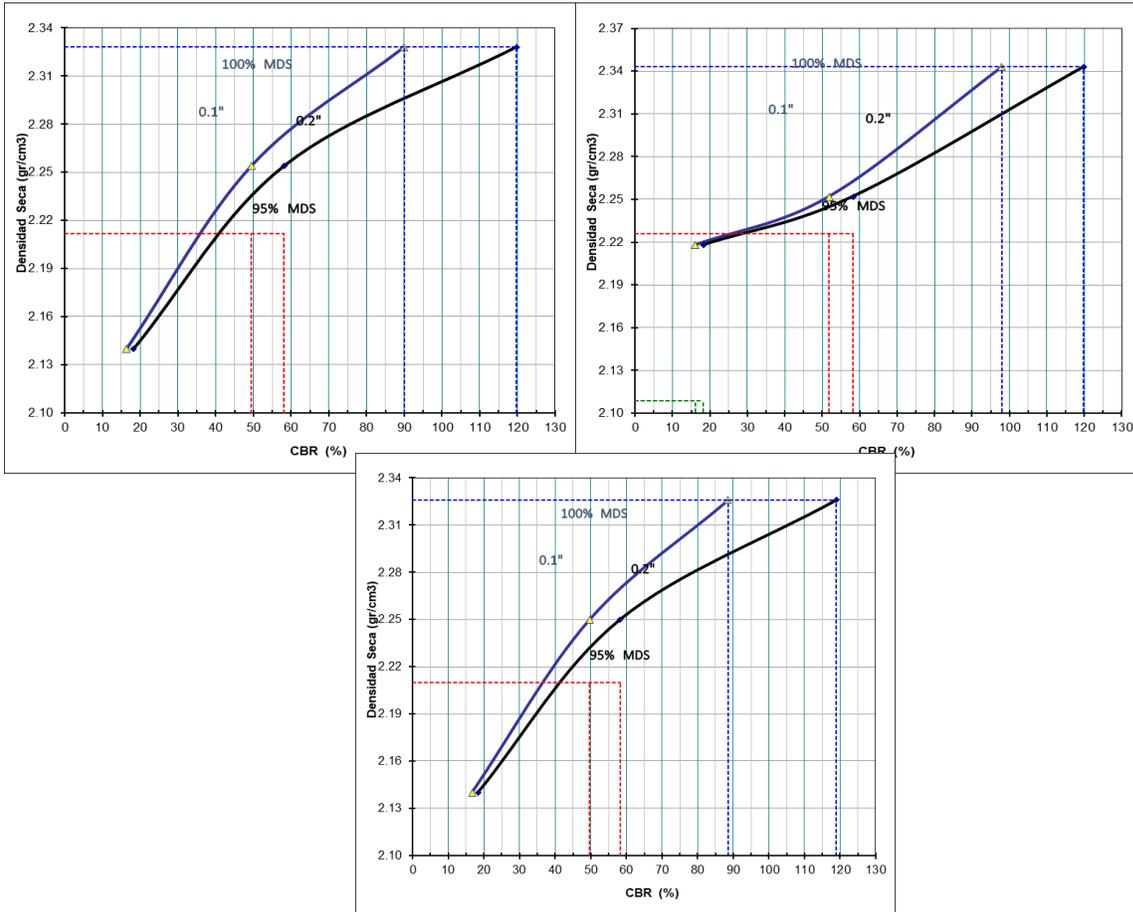


Figura 33 CBR vs densidad – Primer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 28 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo.

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	100.4	135.5	99.9	122.5	99.3	135.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	42.4	49.6	28.3	32.0	43.6	50.9

4.3.2. Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 1.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 29 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13105	12795	12726
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5271	5046	4795
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.495	2.388	2.263
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730
Densidad seca	(g/cm³)	2.341	2.234	2.120
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	316.40	304.60	375.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.10	288.60	355.10

Peso del Agua	(gr)	16.30	16.00	20.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.50	232.40	304.50
Humedad	(%)	6.59	6.88	6.73

Tabla 30 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13105	12795	12726
Peso de matriz	(gr)	7879	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5226	5046	4795
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.473	2.388	2.263
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730
Densidad seca	(g/cm3)	2.320	2.234	2.120
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	316.40	304.60	375.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.10	288.60	355.10
Peso del Agua	(gr)	16.30	16.00	20.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.50	232.40	304.50
Humedad	(%)	6.59	6.88	6.73

Tabla 31 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13119	12784	12736
Peso de matriz	(gr)	7875	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5244	5035	4805
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.482	2.383	2.268
Humedad	(%)	6.950	6.150	6.140
Densidad seca	(g/cm3)	2.321	2.245	2.137
Numero de Recipiente		1	2	3

Recipiente + Suelo mojado	(gr)	257.30	241.00	278.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	244.00	230.30	265.70
Peso del Agua	(gr)	13.30	10.70	13.20
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	191.40	174.10	215.10
Humedad	(%)	6.95	6.15	6.14

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observa que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 32 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION		
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
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	1009.3	1009.30	100.9	2.54	573.0	573.04	57.3	2.54	193.2	193.22	19.3
0.125		3.18	1099.9			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		

Tabla 33 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	128.5			0.64	169.5			0.64	104.9		
0.050		1.27	291.6			1.27	322.8			1.27	122.2		
0.075		1.91	439.7			1.91	476.8			1.91	177.9		
0.100	1000.0	2.54	915.2	915.20	91.5	2.54	579.1	579.05	57.9	2.54	200.2	200.20	20.0
0.125		3.18	1016.6			3.18	711.0			3.18	227.1		
0.150		3.81	1260.3			3.81	874.4			3.81	294.8		
0.200	1500.0	5.08	2026.2	2026.20	135.1	5.08	1073.4	1073.40	71.6	5.08	328.1	328.10	21.9
0.300		7.62	2835.3			7.62	1406.1			7.62	397.7		
0.400		10.16	3496.8			10.16	1688.9			10.16	504.3		
0.500		13	4010.7			13	1908.6			13	575.4		

Tabla 34 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	152.6			0.64	150.4			0.64	125.0		
0.050		1.27	302.6			1.27	324.8			1.27	133.2		
0.075		1.91	459.7			1.91	469.8			1.91	161.9		
0.100	1000.0	2.54	931.9	931.90	93.2	2.54	615.0	615.04	61.5	2.54	219.2	219.22	21.9
0.125		3.18	1029.6			3.18	743.0			3.18	234.1		
0.150		3.81	1302.3			3.81	844.4			3.81	270.8		
0.200	1500.0	5.08	2043.3	2043.30	136.2	5.08	1076.0	1076.00	71.7	5.08	295.6	295.60	19.7
0.300		7.62	2829.3			7.62	1395.1			7.62	380.7		
0.400		10.16	3473.8			10.16	1694.1			10.16	500.6		
0.500		13	4027.3			13	1863.6			13	570.9		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

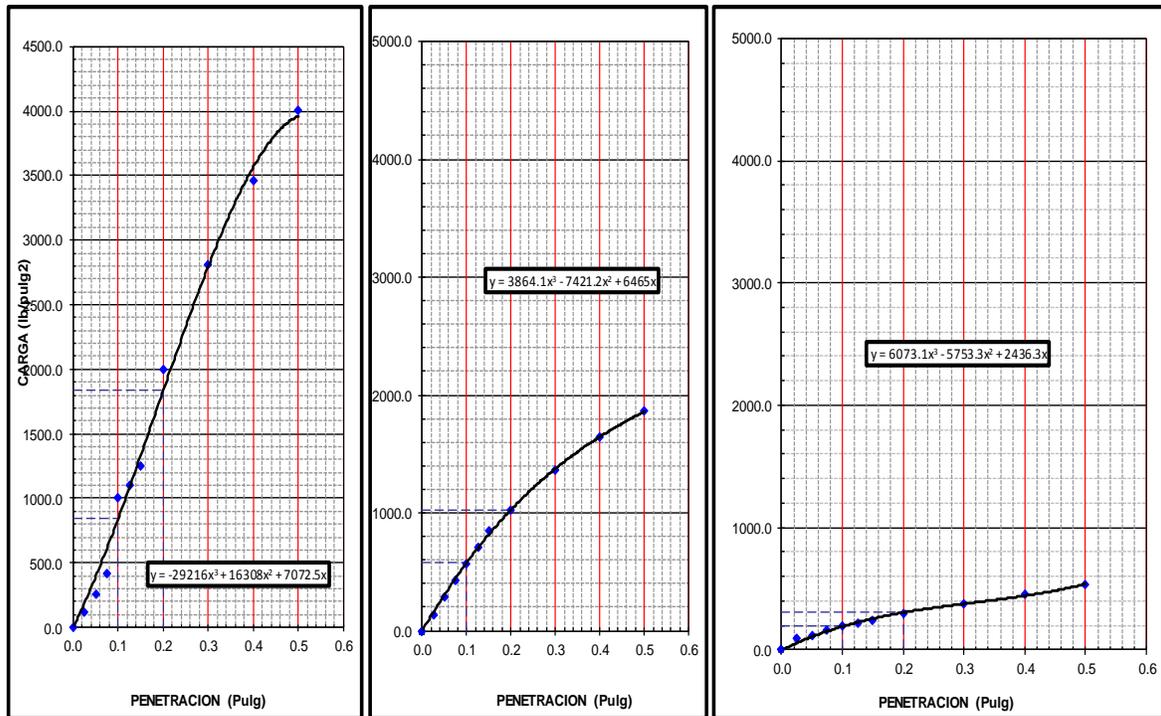


Figura 34 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

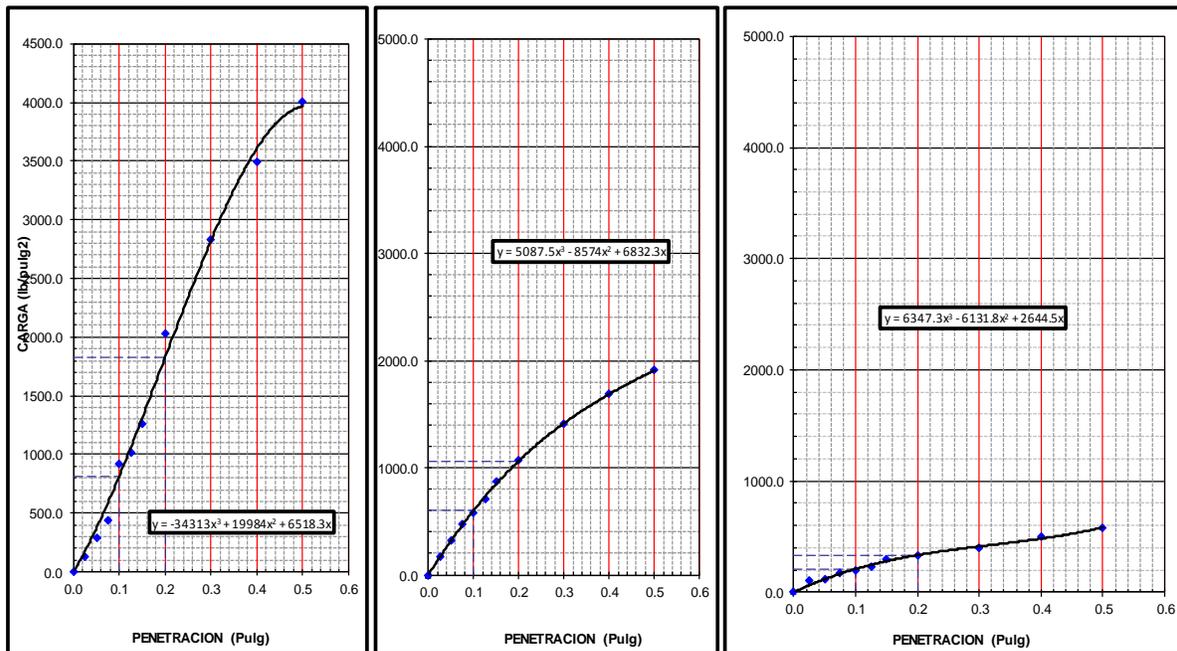


Figura 35 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

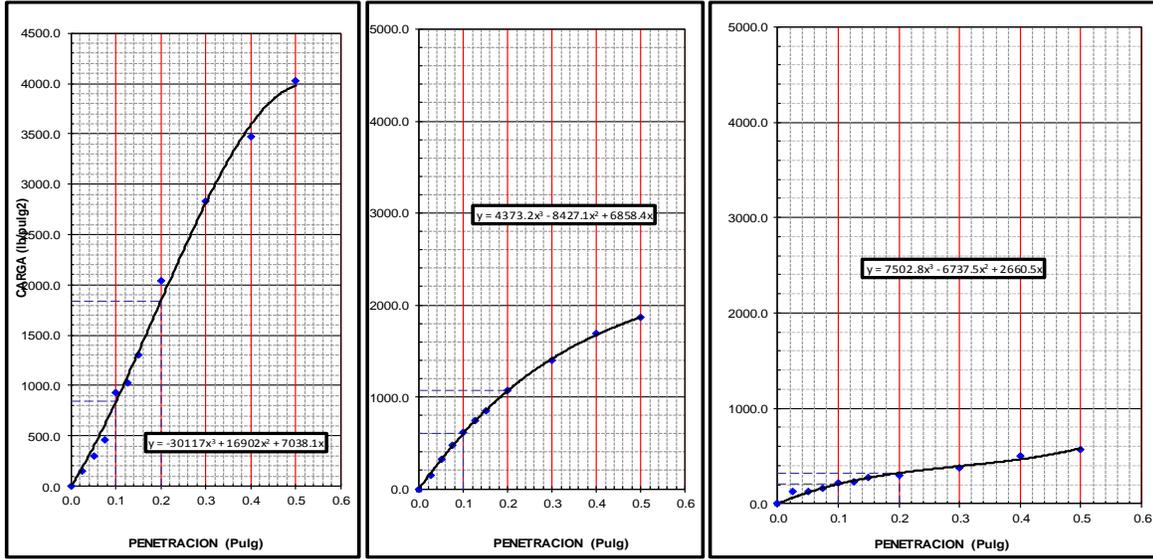


Figura 36 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

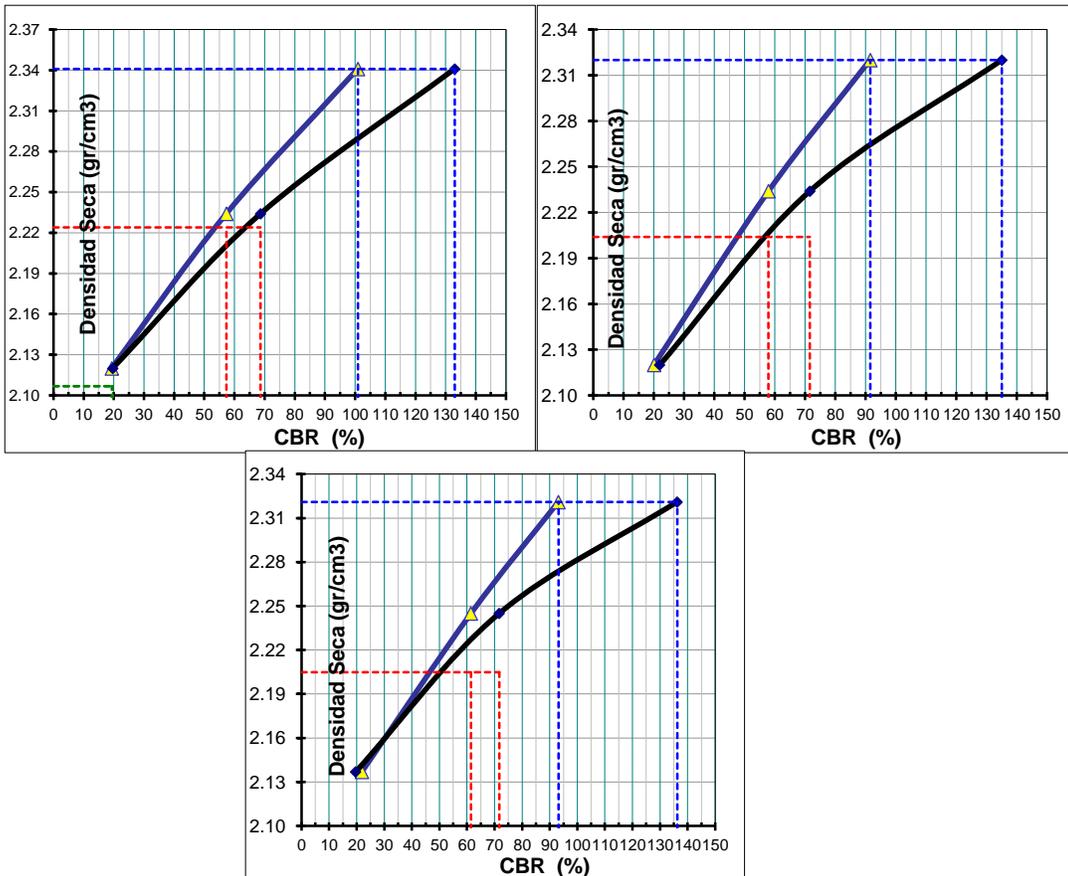


Figura 37 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 35 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo.

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	103.4	136.6	102.1	155.0	104.0	158.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	55.9	66.8	56.5	69.7	55.9	64.3

4.3.3. Valor CBR 1% de cemento, A/C = 1.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 36 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13154	12812	12734
Peso de matriz	(gr)	7869	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5285	5063	4803
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.501	2.396	2.267
Humedad	(%)	6.700	6.240	6.290
Densidad seca	(g/cm³)	2.344	2.255	2.133
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.30	214.60	378.40
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	233.20	205.30	359.00

Peso del Agua	(gr)	12.10	9.30	19.40
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	180.60	149.10	308.40
Humedad	(%)	6.70	6.24	6.29

Tabla 37 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13165	12821	12724
Peso de matriz	(gr)	7895	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5270	5072	4793
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.494	2.400	2.262
Humedad	(%)	6.390	6.370	6.270
Densidad seca	(g/cm3)	2.344	2.256	2.129
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	325.60	345.10	320.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	309.20	327.80	304.10
Peso del Agua	(gr)	16.40	17.30	15.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	256.60	271.60	253.50
Humedad	(%)	6.39	6.37	6.27

Tabla 38 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13169	12829	12724
Peso de matriz	(gr)	7874	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5295	5080	4793
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.506	2.404	2.262
Humedad	(%)	6.830	5.970	6.010
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.269	2.134
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	341.90	387.90	347.00

Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	323.40	369.20	330.20
Peso del Agua	(gr)	18.50	18.70	16.80
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	270.80	313.00	279.60
Humedad	(%)	6.83	5.97	6.01

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 39 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION														
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12		
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
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	2.54		1040.5	1040.50	104.1	2.54	617.9	617.85	61.8	2.54	178.3	178.30	17.8
0.125		3.18		1354.3			3.18	774.3			3.18	225.5		
0.150		3.81		1799.8			3.81	881.6			3.81	283.6		
0.200	1500.0	5.08		2112.3	2112.30	140.8	5.08	1087.3	1087.31	72.5	5.08	328.4	328.40	21.9
0.300		7.62		3012.3			7.62	1440.7			7.62	412.9		
0.400		10.16		3745.3			10.16	1673.6			10.16	544.4		
0.500		13		4953.2			13	1927.0			13	589.9		

Tabla 40 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAND. D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	1035.1	1035.10	103.5	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		

Tabla 41 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		10		
	STAND. D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	1040.9	1040.90	104.1	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	4105. 3		13	1946. 5		13	609.1		
-------	--	----	------------	--	----	------------	--	----	-------	--	--

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

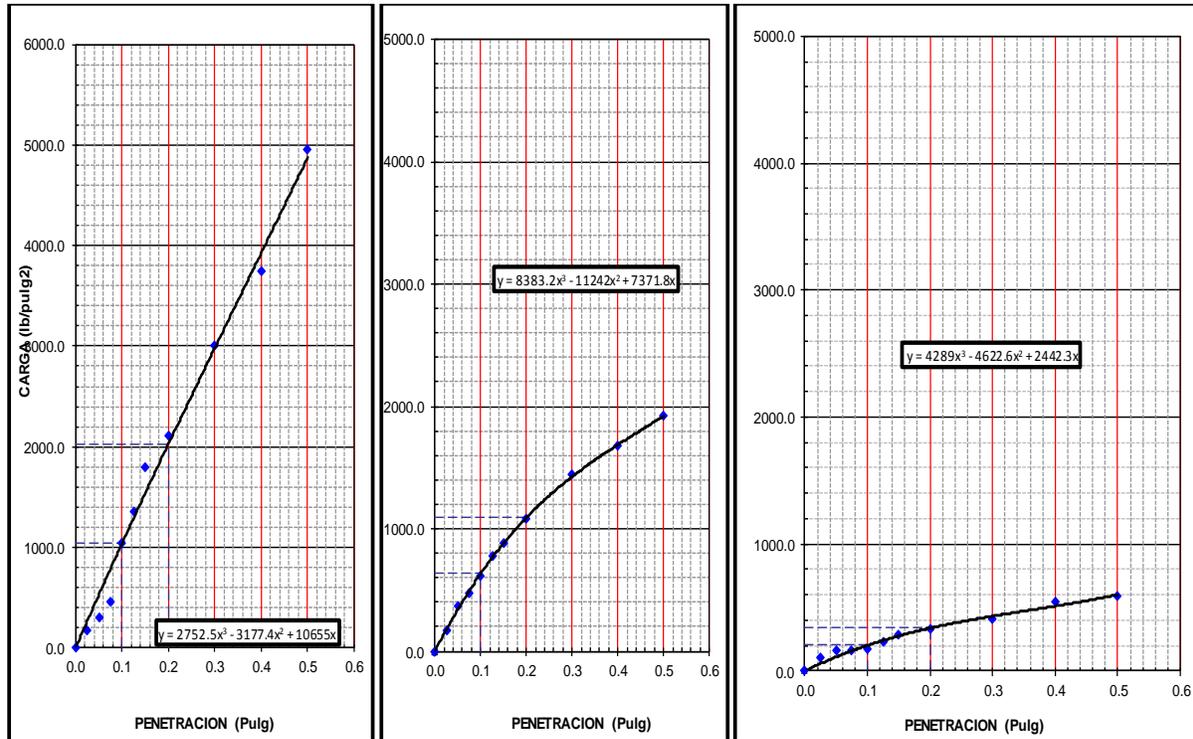


Figura 38 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

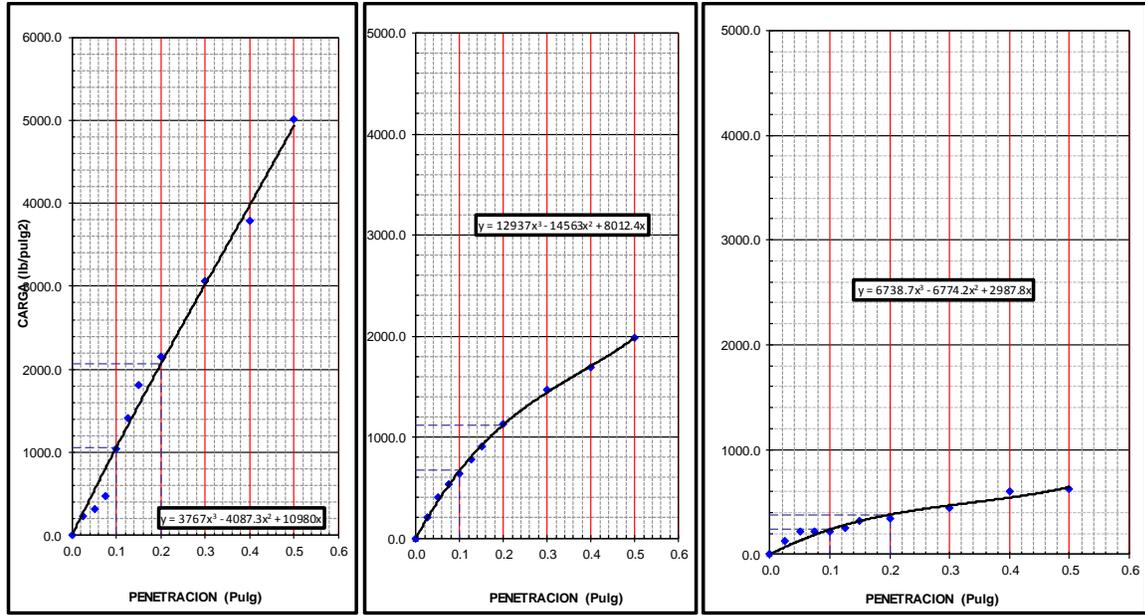


Figura 39 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

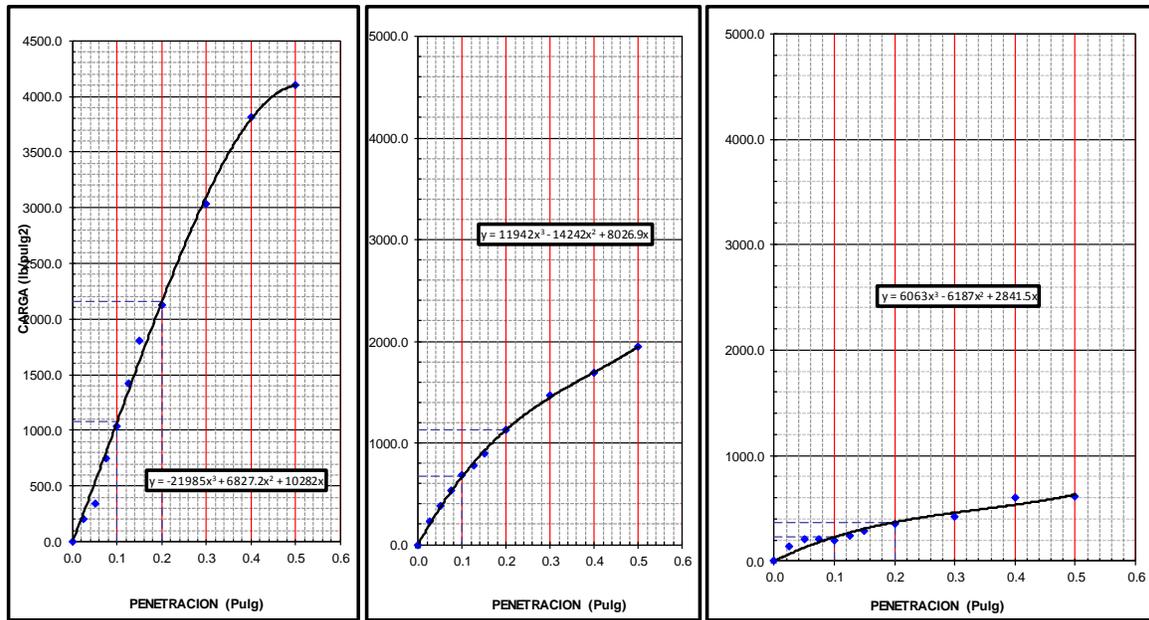


Figura 40 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

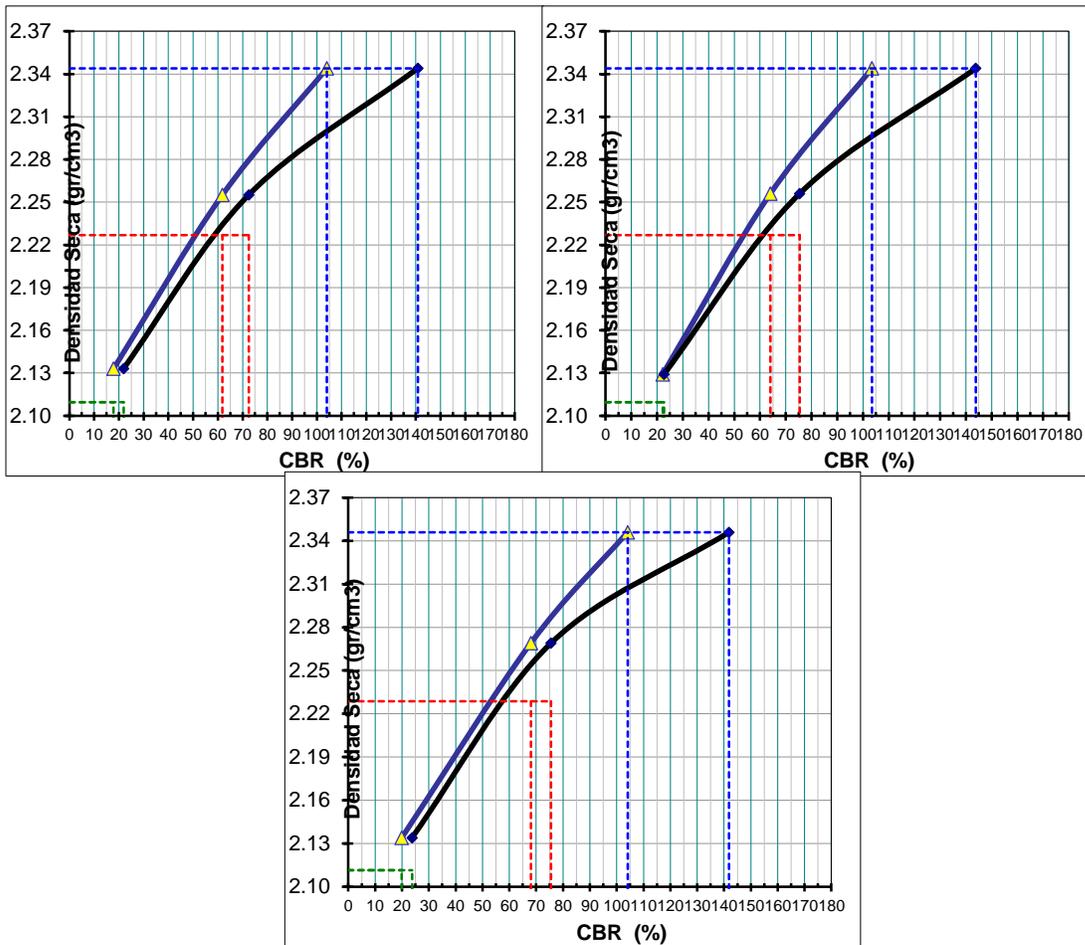


Figura 41 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 42 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	105.5	143.1	104.9	146.2	104.6	142.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	52.7	62.0	55.3	64.5	54.0	60.5

4.3.4. Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 1.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 43 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13115	12791	12714
Peso de matriz	(gr)	7855	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5260	5042	4783
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.489	2.386	2.257
Humedad	(%)	6.350	6.320	6.010
Densidad seca	(g/cm³)	2.340	2.244	2.129
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	315.70	345.60	389.10
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.00	328.40	369.90
Peso del Agua	(gr)	15.70	17.20	19.20
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.40	272.20	319.30
Humedad	(%)	6.35	6.32	6.01

Tabla 44 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13120	12783	12729
Peso de matriz	(gr)	7865	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5255	5034	4798
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.487	2.382	2.264
Humedad	(%)	5.990	6.600	5.980
Densidad seca	(g/cm³)	2.346	2.235	2.136
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	305.50	329.20	341.20

Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	291.20	312.30	324.80
Peso del Agua	(gr)	14.30	16.90	16.40
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	238.60	256.10	274.20
Humedad	(%)	5.99	6.60	5.98

Tabla 45 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13122	12789	12722
Peso de matriz	(gr)	7879	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5243	5040	4791
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.481	2.385	2.261
Humedad	(%)	5.950	5.640	5.840
Densidad seca	(g/cm³)	2.342	2.258	2.136
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	325.10	378.40	316.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	309.80	361.20	302.20
Peso del Agua	(gr)	15.30	17.20	14.70
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	257.20	305.00	251.60
Humedad	(%)	5.95	5.64	5.84

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 46 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	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	1010.9	1010.90	101.1	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		

Tabla 47 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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		
-------	--	-----------	--------	--	--	-----------	--------	--	--	-----------	-------	--	--

Tabla 48 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	109.9			0.64	135.7			0.64	123.2		
0.050		1.27	405.0			1.27	151.5			1.27	181.4		
0.075		1.91	630.5			1.91	237.5			1.91	177.9		
0.100	1000.0	2.54	1027.9	1027.90	102.8	2.54	273.8	273.80	27.4	2.54	240.30	240.30	24.0
0.125		3.18	1226.7			3.18	363.2			3.18	314.9		
0.150		3.81	1586.0			3.81	528.9			3.81	334.4		
0.200	1500.0	5.08	1760.4	1760.40	117.4	5.08	658.9	658.90	43.9	5.08	425.40	425.40	28.4
0.300		7.62	2047.5			7.62	850.7			7.62	598.4		
0.400		10.16	2586.7			10.16	1295.4			10.16	712.8		
0.500		13	2837.6			13	1614.1			13	819.5		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

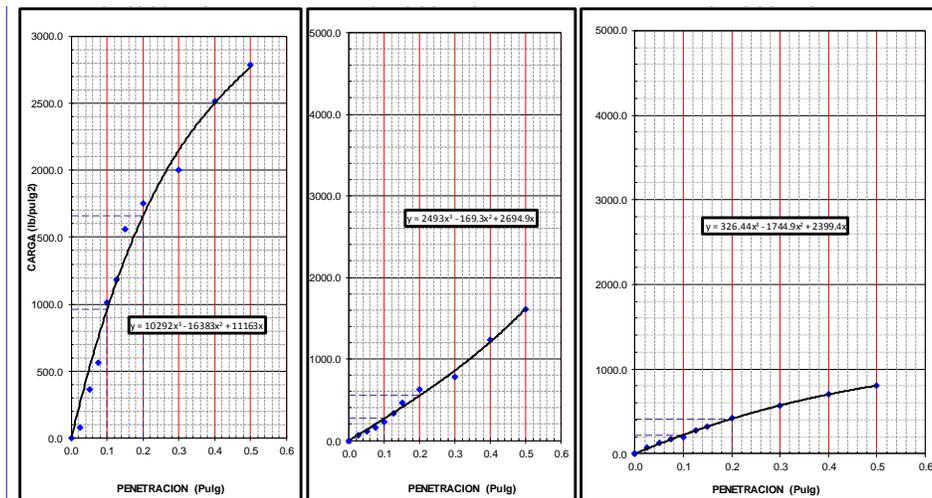


Figura 42 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

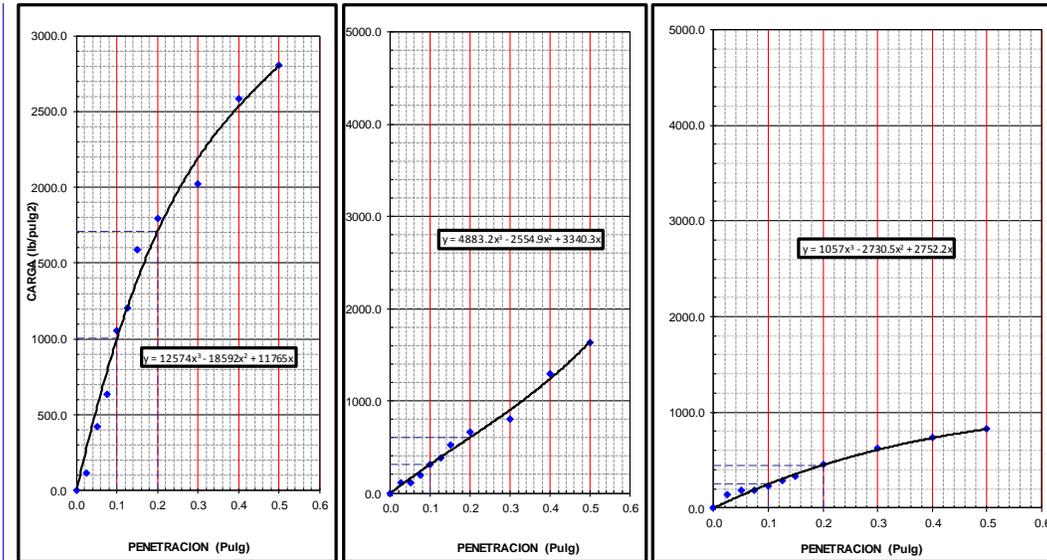


Figura 43 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

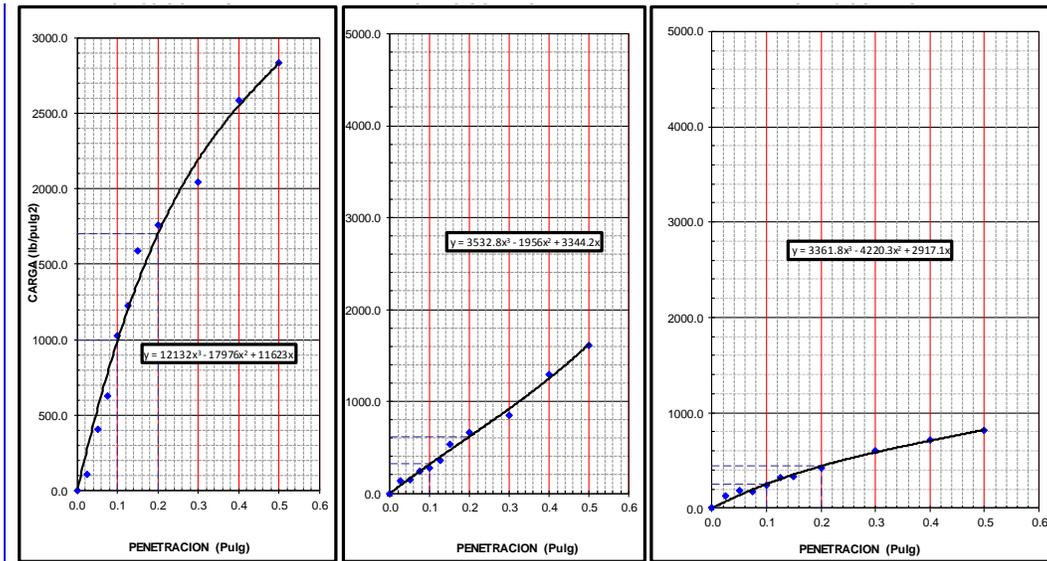


Figura 44 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

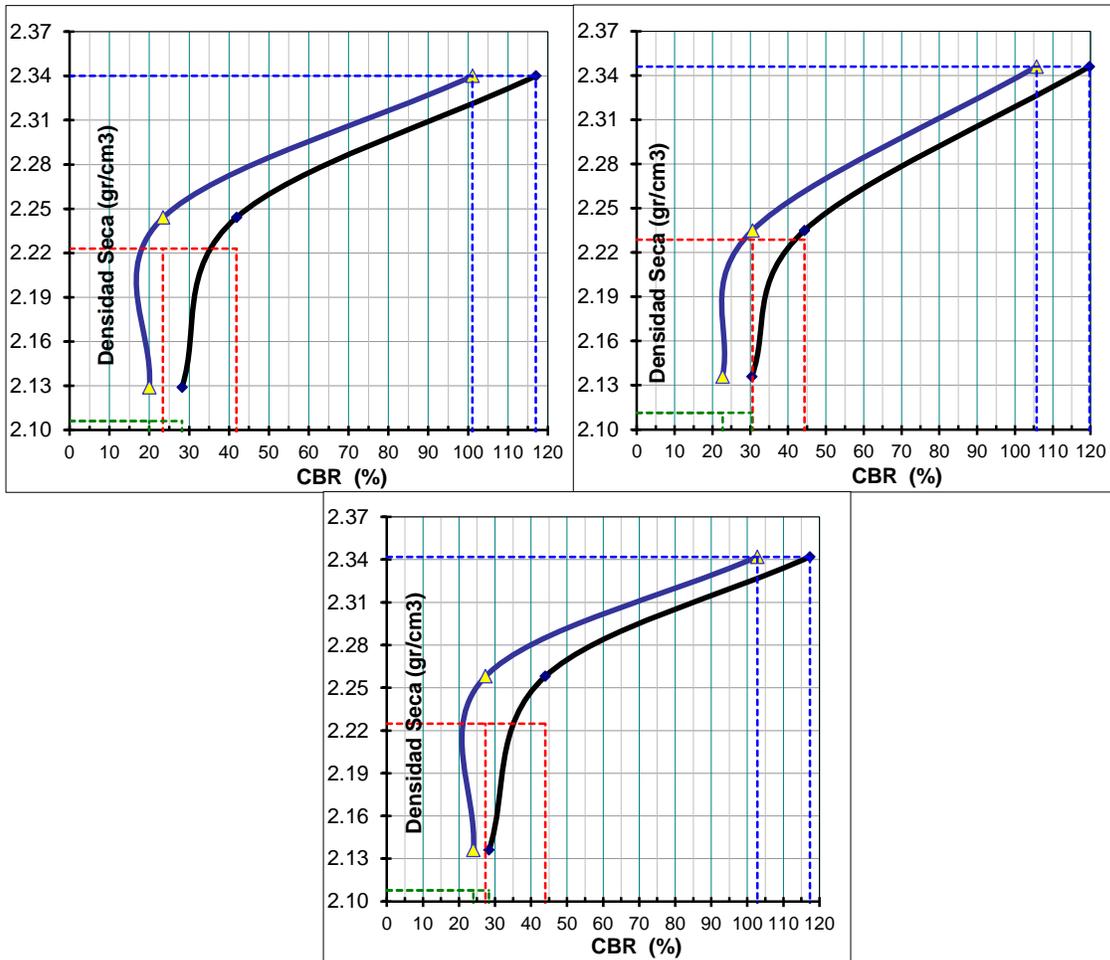


Figura 45 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 49 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	106.8	122.4	106.4	120.4	107.3	121.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	23.0	40.1	30.2	43.6	26.6	40.3

4.3.5. Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 1.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 50 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13118	12759	12710
Peso de matriz	(gr)	7875	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5243	5010	4779
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.481	2.371	2.255
Humedad	(%)	6.000	5.720	6.180
Densidad seca	(g/cm³)	2.341	2.243	2.124
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.10	285.20	299.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	234.20	272.80	285.40
Peso del Agua	(gr)	10.90	12.40	14.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	181.60	216.60	234.80
Humedad	(%)	6.00	5.72	6.18

Tabla 51 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13124	12764	12709
Peso de matriz	(gr)	7869	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5255	5015	4778
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.487	2.373	2.255
Humedad	(%)	6.020	6.460	6.890
Densidad seca	(g/cm³)	2.346	2.229	2.110
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	341.20	395.60	374.80

Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	324.80	375.00	353.90
Peso del Agua	(gr)	16.40	20.60	20.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	272.20	318.80	303.30
Humedad	(%)	6.02	6.46	6.89

Tabla 52 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13101	12776	12700
Peso de matriz	(gr)	7859	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5242	5027	4769
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.481	2.379	2.251
Humedad	(%)	6.000	6.300	6.410
Densidad seca	(g/cm³)	2.341	2.238	2.115
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	248.60	278.90	289.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	237.50	265.70	275.10
Peso del Agua	(gr)	11.10	13.20	14.40
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	184.90	209.50	224.50
Humedad	(%)	6.00	6.30	6.41

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 53 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
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		1.91	498.6			1.91	245.8			1.91	132.9		
0.100	1000.0	2.54	1034.9	1034.90	103.5	2.54	374.1	374.10	37.4	2.54	156.9	156.90	15.7
0.125		3.18	1236.3			3.18	492.0			3.18	229.9		
0.150		3.81	1358.1			3.81	619.3			3.81	284.4		
0.200	1500.0	5.08	1675.2	1675.20	111.7	5.08	753.3	753.30	50.2	5.08	382.2	382.17	25.5
0.300		7.62	1896.2			7.62	951.3			7.62	532.4		
0.400		10.16	2001.9			10.16	1187.3			10.16	664.8		
0.500		13	2415.7			13	1457.2			13	771.7		

Tabla 54 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	131.1			0.64	88.7			0.64	48.2		
0.050		1.27	305.8			1.27	227.3			1.27	94.4		
0.075		1.91	551.2			1.91	250.8			1.91	179.9		
0.100	1000.0	2.54	1066.9	1066.90	106.7	2.54	416.8	416.80	41.7	2.54	169.3	169.30	16.9
0.125		3.18	1317.3			3.18	506.0			3.18	243.9		
0.150		3.81	1411.4			3.81	683.3			3.81	369.4		
0.200	1500.0	5.08	1726.5	1726.50	115.1	5.08	767.9	767.90	51.2	5.08	452.4	452.40	30.2
0.300		7.62	1941.2			7.62	983.3			7.62	555.4		
0.400		10.16	2037.9			10.16	1216.3			10.16	690.5		
0.500		13	2428.6			13	1519.1			13	844.6		

Tabla 55 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12	
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	143.9			0.64	111.5			0.64	125.0		
0.050		1.27	249.8			1.27	229.3			1.27	111.4		
0.075		1.91	504.6			1.91	282.8			1.91	148.9		
0.100	1000.0	2.54	1038.9	1038.90	103.9	2.54	403.4	403.40	40.3	2.54	228.10	228.10	22.8
0.125		3.18	1274.3			3.18	547.0			3.18	288.9		
0.150		3.81	1409.1			3.81	624.3			3.81	300.4		
0.200	1500.0	5.08	1677.7	1677.70	111.8	5.08	757.3	757.30	50.5	5.08	416.80	416.80	27.8
0.300		7.62	1903.2			7.62	1033.2			7.62	541.4		
0.400		10.16	2049.9			10.16	1265.3			10.16	740.8		
0.500		13	2466.6			13	1502.1			13	824.9		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

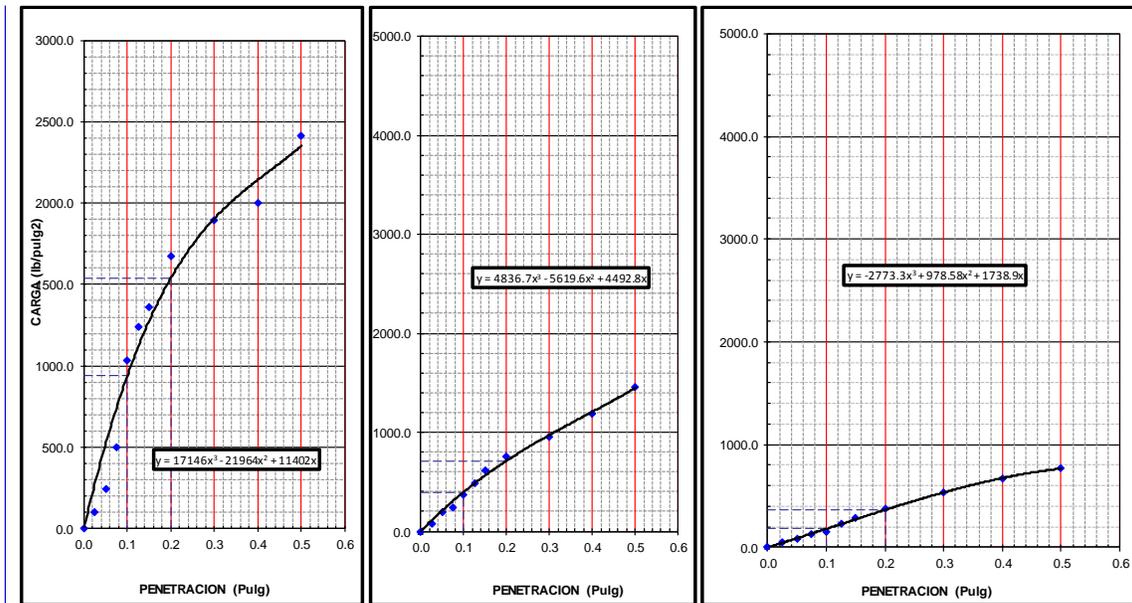


Figura 46 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

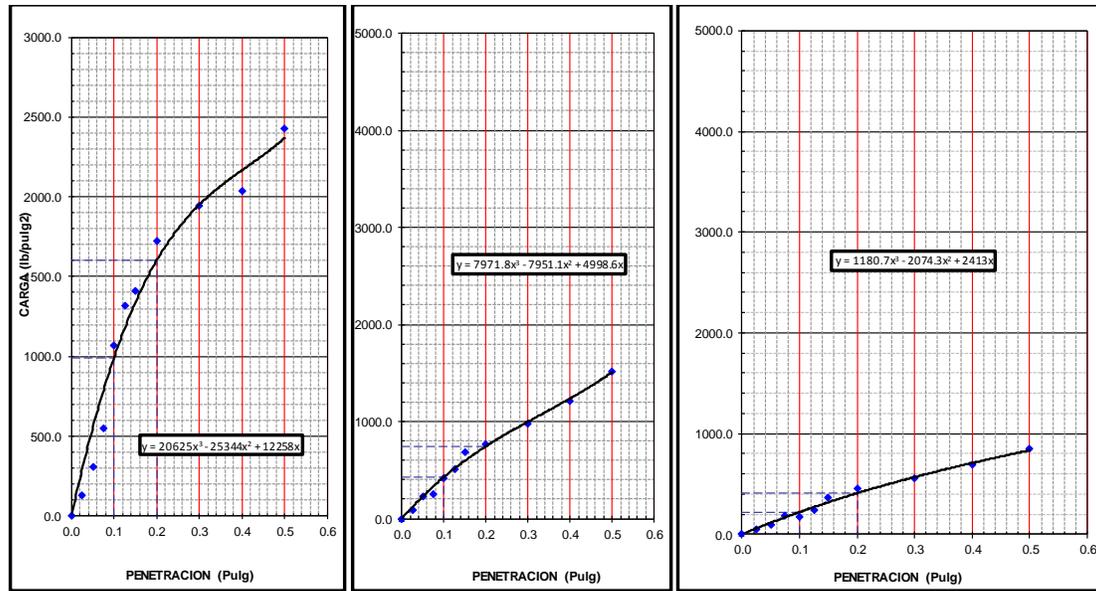


Figura 47 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

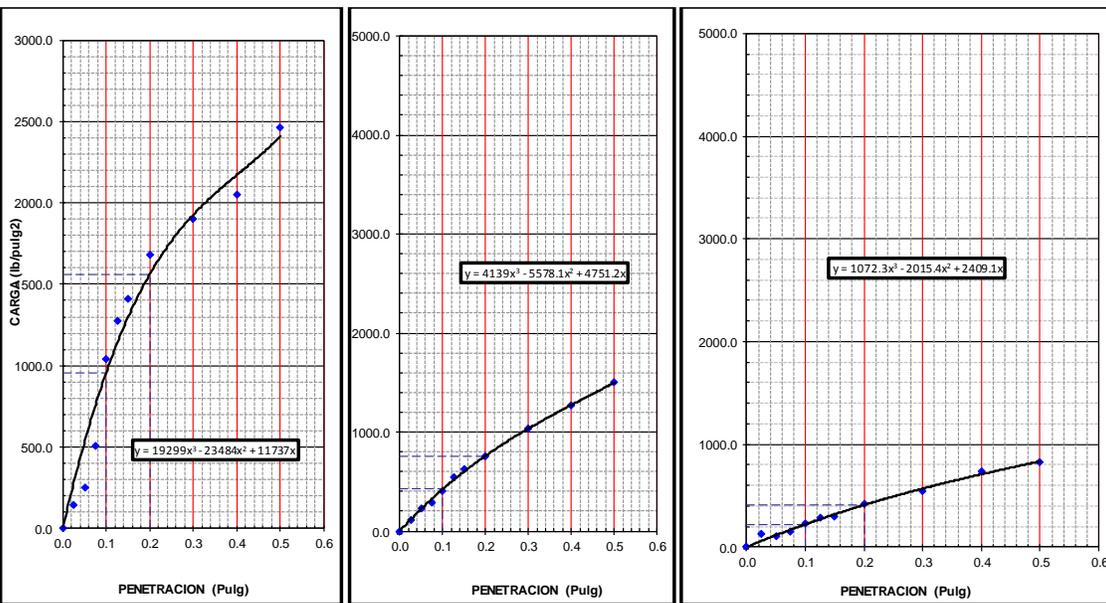


Figura 48 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

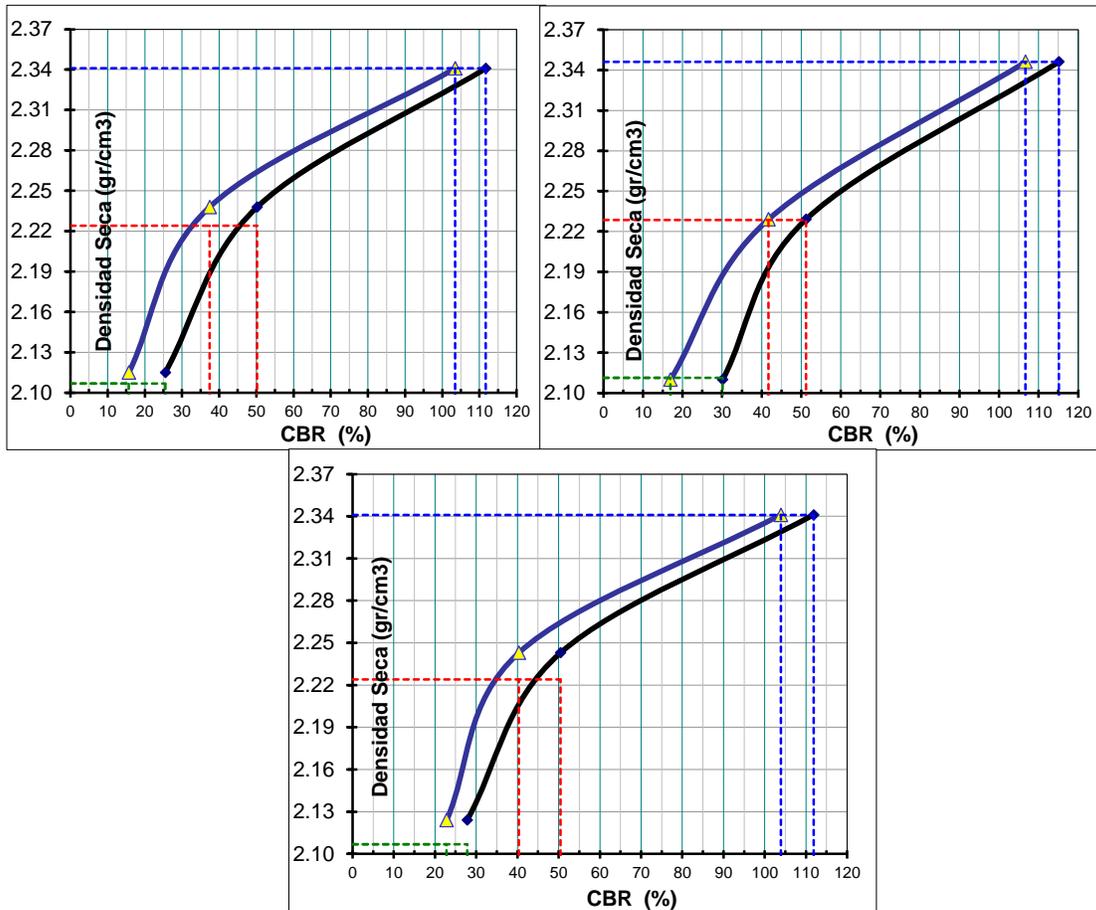


Figura 49 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 56 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	107.3	115.3	107.2	115.6	107.8	115.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	35.9	48.5	42.0	51.5	38.4	47.9

4.4. Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2

Para realizar el ensayo de CBR se realizó con el promedio de los tres ensayos de proctor del material en estado natural, se tomó en cuenta 2.347 de Máxima densidad seca y 5.32 % de optimo contenido de humedad.

se utilizó 6 kg de muestra del cual se tomó 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5 % para obtener el peso en cemento, obtenido el peso de cemento a través de la relación A/C se obtiene la cantidad de agua necesaria en peso. En la siguiente tabla se muestra los pesos obtenidos de cemento y agua.

Tabla 57 Pesos agua cemento A/C = 2

Peso muestra	%	a/c= 2	
		Peso cemento	Peso agua
6.00	0.5	30	60.00
6.00	0.75	45	90.00
6.00	1	60	120.00
6.00	1.25	75	150.00
6.00	1.5	90	180.00

Relación CBR del material de base granular necesita cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 58 Requisitos de base granular

Requisitos de calidad para base granular			
Índice plasticidad	2min%	mtc e 111	
CBR	80min%	mtc e 132	ejes equivalentes <10000000
CBR	100min%	mtc e 133	ejes equivalentes >10000000

Fuente: MTC especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

4.4.1. Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 59 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero	05	07	013
Numero de estratos compactados	5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado	56	25	12
Condición de la muestra	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO

Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13095	12761	12693
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5261	5012	4762
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.490	2.372	2.247
Humedad	(%)	6.480	6.120	5.950
Densidad seca	(g/cm3)	2.338	2.235	2.121
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	238.30	245.10	287.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	227.00	234.20	274.30
Peso del Agua	(gr)	11.30	10.90	13.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	174.40	178.00	223.70
Humedad	(%)	6.48	6.12	5.95

Tabla 60 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13074	12769	12684
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5240	5020	4753
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.480	2.376	2.243
Humedad	(%)	6.170	6.330	6.440
Densidad seca	(g/cm3)	2.336	2.235	2.107
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	241.90	287.90	214.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	230.90	274.10	204.30
Peso del Agua	(gr)	11.00	13.80	9.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	178.30	217.90	153.70
Humedad	(%)	6.17	6.33	6.44

Tabla 61 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13054	12741	12698

Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5220	4992	4767
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.470	2.363	2.250
Humedad	(%)	5.730	5.520	6.070
Densidad seca	(g/cm³)	2.336	2.239	2.121
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	351.60	312.20	378.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	335.40	298.80	360.10
Peso del Agua	(gr)	16.20	13.40	18.80
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	282.80	242.60	309.50
Humedad	(%)	5.73	5.52	6.07

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 62 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION														
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°		56		MOLDE N°				25		MOLDE N°		12
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		lb/pulg ²	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	131.5			0.64	69.8			0.64	47.8			
0.050		1.27	356.3			1.27	99.2			1.27	82.3			
0.075		1.91	579.7			1.91	218.9			1.91	147.7			
0.100	1000.0	2.54	1055.0	1055.00	105.5	2.54	357.8	357.78	35.8	2.54	202.0	202.03	20.2	
0.125		3.18	1504.3			3.18	421.7			3.18	227.7			

0.150		3.81	1985.8			3.81	480.5			3.81	290.2		
0.200	1500.0	5.08	2110.9	2110.90	140.7	5.08	668.5	668.55	44.6	5.08	365.9	365.86	24.4
0.300		7.62	2841.9			7.62	924.2			7.62	515.7		
0.400		10.16	3050.5			10.16	1099.9			10.16	628.9		
0.500		13	3950.5			13	1412.8			13	692.1		

Tabla 63 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION
	lb/pulg ²	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	163.1			0.64	116.3			0.64	92.9		
0.050		1.27	405.3			1.27	139.2			1.27	143.3		
0.075		1.91	621.2			1.91	236.9			1.91	185.7		
0.100	1000.0	2.54	1065.8	1065.80	106.6	2.54	423.6	423.60	42.4	2.54	239.2	239.20	23.9
0.125		3.18	1383.3			3.18	483.7			3.18	245.7		
0.150		3.81	1634.0			3.81	493.5			3.81	307.2		
0.200	1500.0	5.08	1957.4	1957.40	130.5	5.08	719.7	719.70	48.0	5.08	414.3	414.30	27.6
0.300		7.62	2441.9			7.62	957.2			7.62	554.7		
0.400		10.16	2763.2			10.16	1112.9			10.16	662.9		
0.500		13	3397.5			13	1422.1			13	713.4		

Tabla 64 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
		STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION
	lb/pulg ²	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	199.9			0.64	123.5			0.64	48.1		
0.050		1.27	389.3			1.27	157.2			1.27	138.3		
0.075		1.91	646.7			1.91	271.9			1.91	202.7		
0.100	1000.0	2.54	1055.9	1055.90	105.6	2.54	424.4	424.40	42.4	2.54	214.9	214.90	21.5

0.125		3.18	1572. 3			3.18	436.7			3.18	286.7		
0.150		3.81	1823. 0			3.81	504.5			3.81	313.2		
0.200	1500.0	5.08	2151. 7	2151. 70	143. 4	5.08	709.3	709.3 0	47. 3	5.08	387.8 0	387.8 0	25. 9
0.300		7.62	2479. 9			7.62	987.2			7.62	520.7		
0.400		10.16	2834. 6			10.16	1103. 9			10.16	673.9		
0.500		13	3373. 7			13	1414. 2			13	758.4		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

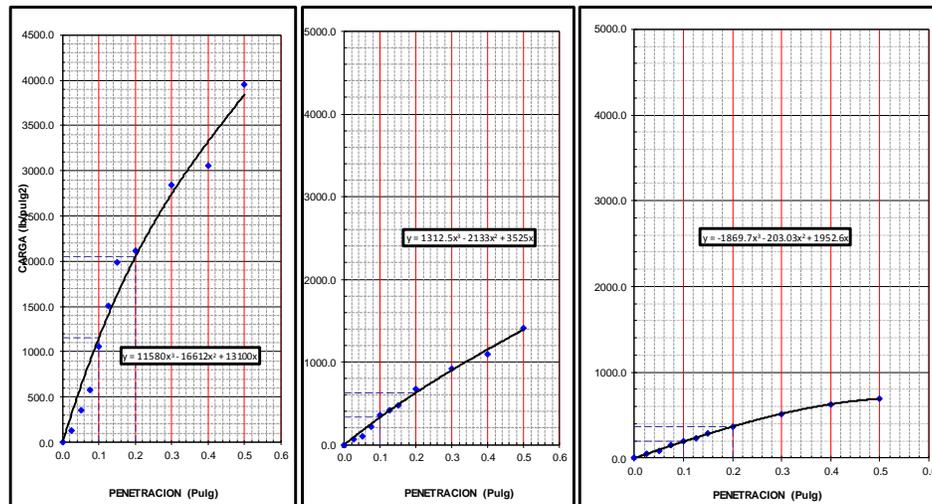


Figura 50 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

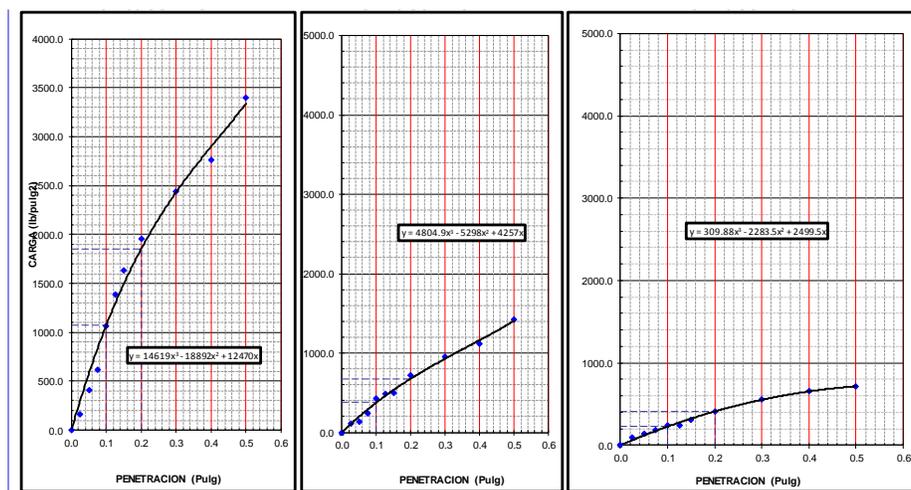


Figura 51 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

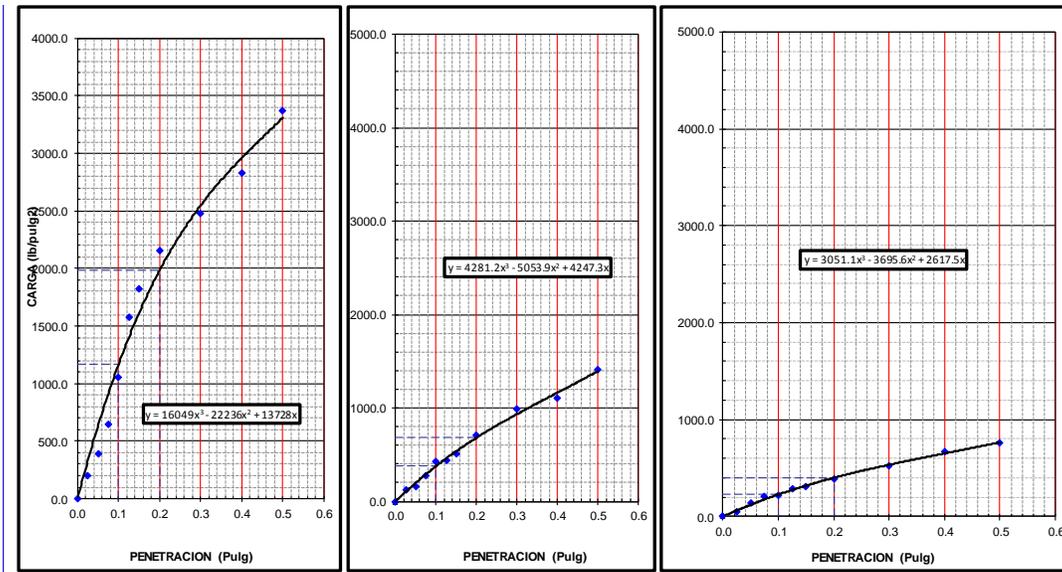


Figura 52 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

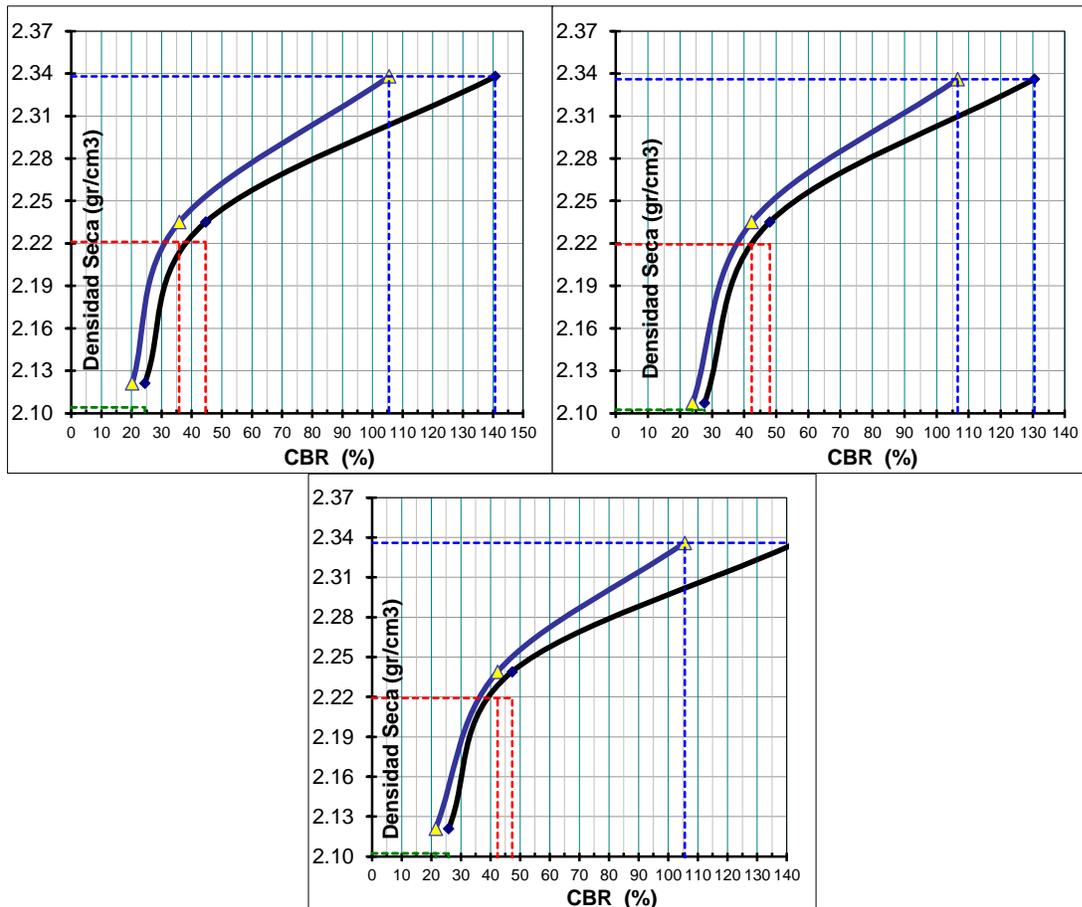


Figura 53 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 65 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	111.6	149.1	113.6	139.5	112.8	154.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	35.0	43.6	41.6	47.1	40.8	45.6

4.4.2. Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 66 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12992	12752	12641
Peso de matriz	(gr)	7790	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5202	5003	4710
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.462	2.368	2.223
Humedad	(%)	5.600	5.670	5.590
Densidad seca	(g/cm3)	2.331	2.241	2.105
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	258.30	214.60	245.10
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	247.40	206.10	234.80
Peso del Agua	(gr)	10.90	8.50	10.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	194.80	149.90	184.20

Humedad	(%)	5.60	5.67	5.59
----------------	------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 67 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13066	12758	12645
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5232	5009	4714
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.476	2.371	2.225
Humedad	(%)	5.560	5.740	5.750
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.242	2.104
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	348.90	312.10	380.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	333.30	298.20	362.10
Peso del Agua	(gr)	15.60	13.90	17.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	280.70	242.00	311.50
Humedad	(%)	5.56	5.74	5.75

Tabla 68 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13065	12772	12675
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5231	5023	4744
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.476	2.377	2.239
Humedad	(%)	5.520	6.000	5.670
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.242	2.119
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	369.90	323.10	354.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	353.30	308.00	338.20
Peso del Agua	(gr)	16.60	15.10	16.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60

Peso del suelo evaporado	(gr)	300.70	251.80	287.60
Humedad	(%)	5.52	6.00	5.67

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observa que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 69 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION		
	lb/pulg ²	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	2.54	954.7	954.7	95.5	2.54	333.8	333.7	33.4	2.54	150.0	150.0	15.0
0.125		3.18	1425.3			3.18	332.7			3.18	212.7		
0.150		3.81	1732.0			3.81	409.5			3.81	253.2		
0.200	1500.0	5.08	2502.3	2502.30	166.8	5.08	579.5	579.5	38.6	5.08	319.9	319.8	21.3
0.300		7.62	2808.9			7.62	862.2			7.62	479.7		
0.400		10.16	2952.2			10.16	1078.9			10.16	563.9		
0.500		13	3269.7			13	1362.8			13	647.1		

Tabla 70 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		

PENETRACION	STAN D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg ²	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	1046.2	1046.20	104.6	2.54	338.6	338.60	33.9	2.54	169.1	169.10	16.9
0.125		3.18	1630.3			3.18	359.7			3.18	229.7		
0.150		3.81	1976.0			3.81	423.5			3.81	305.2		
0.200	1500.0	5.08	2530.9	2530.90	168.7	5.08	582.7	582.70	38.8	5.08	370.8	370.80	24.7
0.300		7.62	2833.9			7.62	895.2			7.62	491.7		
0.400		10.16	2997.2			10.16	1114.9			10.16	606.8		
0.500		13	3277.4			13	1416.1			13	698.0		

Tabla 71 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION														
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12		
		STAN D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			lb/pulg ²	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	1050.8	1050.80	105.1	2.54	350.4	350.40	35.0	2.54	181.2	181.20	18.1	
0.125		3.18	1930.3			3.18	334.7			3.18	229.7			
0.150		3.81	2282.0			3.81	457.5			3.81	253.2			
0.200	1500.0	5.08	2550.3	2550.30	170.0	5.08	605.5	605.55	40.4	5.08	365.9	365.86	24.4	
0.300		7.62	2850.7			7.62	876.3			7.62	488.3			
0.400		10.16	2972.2			10.16	1120.9			10.16	610.9			
0.500		13	3309.6			13	1375.2			13	650.4			

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

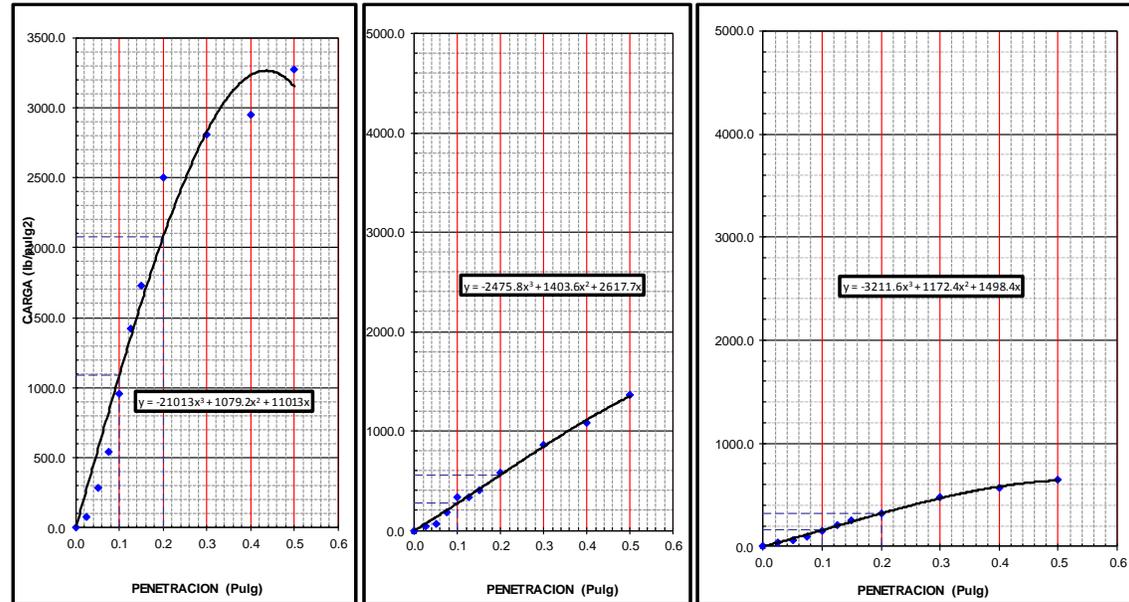


Figura 54 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

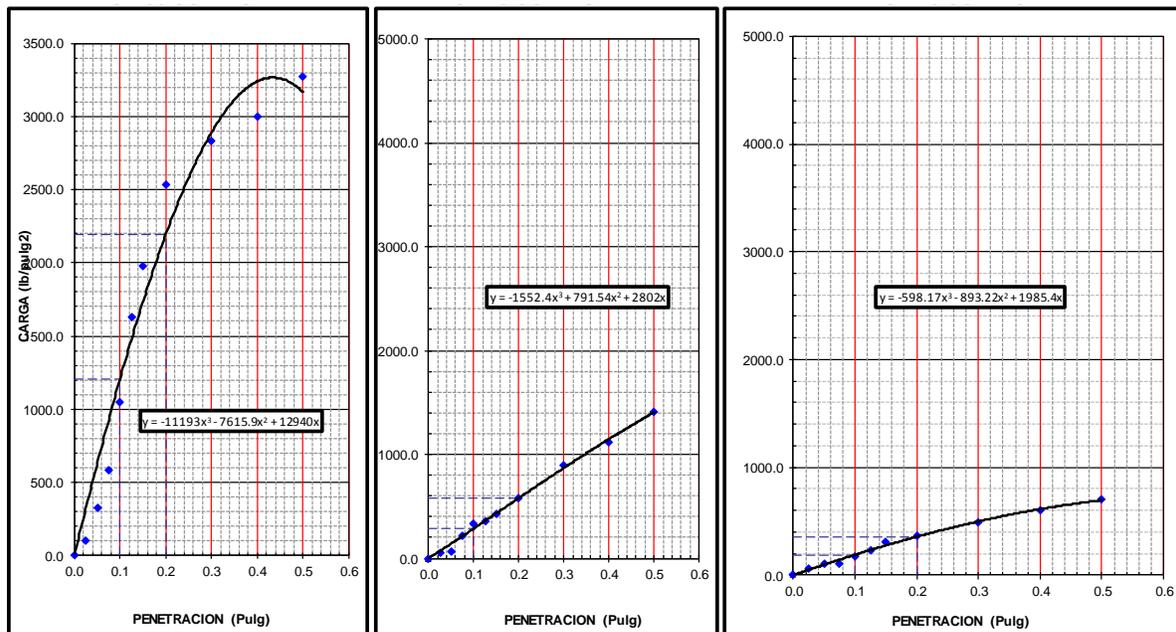


Figura 55 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

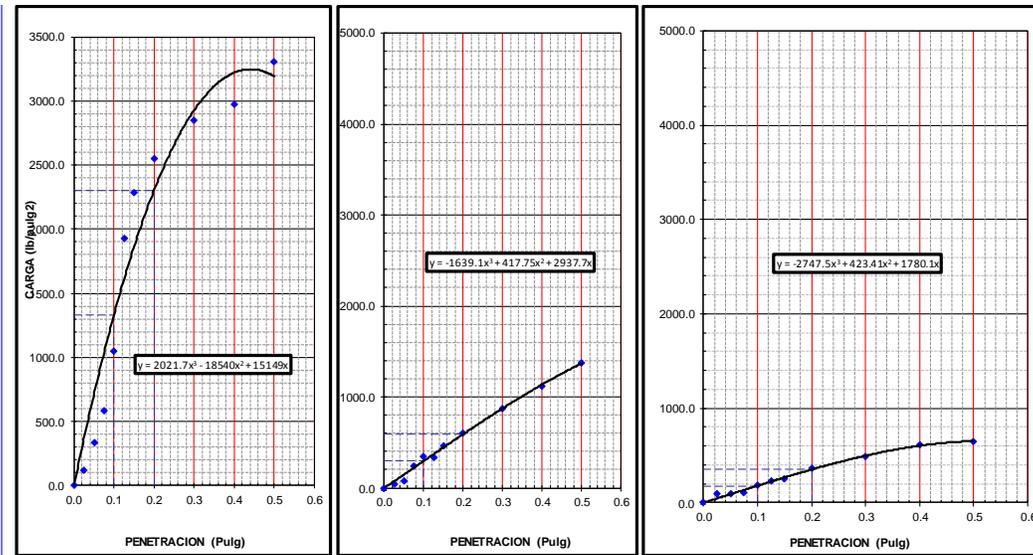


Figura 56 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

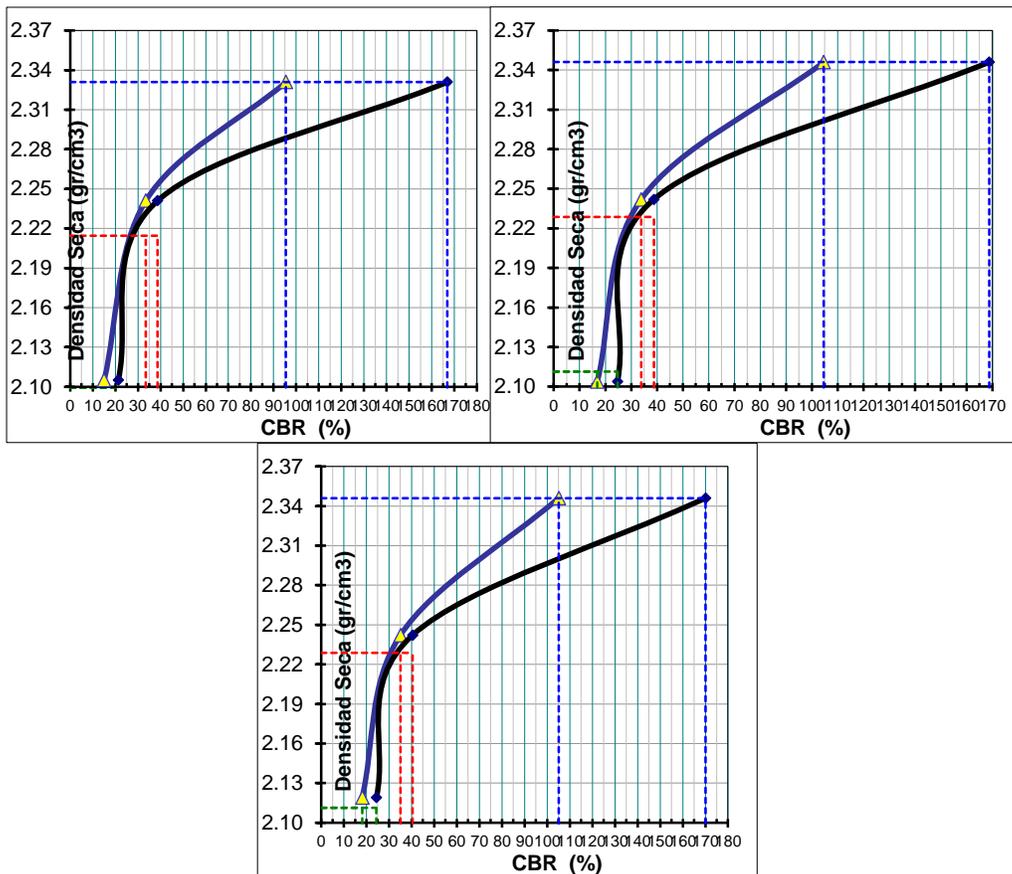


Figura 57 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 72 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	106.5	189.6	105.3	170.0	105.8	171.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	31.8	37.2	32.3	37.6	33.3	38.8

4.4.3. Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 73 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13075	12745	12640
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5241	4996	4709
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.480	2.364	2.222
Humedad	(%)	5.800	6.470	5.660
Densidad seca	(g/cm³)	2.344	2.220	2.103
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.90	248.60	278.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	235.30	236.90	266.10
Peso del Agua	(gr)	10.60	11.70	12.20
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	182.70	180.70	215.50
Humedad	(%)	5.80	6.47	5.66

Tabla 74 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13074	12754	12650
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5240	5005	4719
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.480	2.369	2.227
Humedad	(%)	5.980	6.230	5.720
Densidad seca	(g/cm3)	2.340	2.230	2.107
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	284.60	274.30	241.10
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	271.50	261.50	230.80
Peso del Agua	(gr)	13.10	12.80	10.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	218.90	205.30	180.20
Humedad	(%)	5.98	6.23	5.72

Tabla 75 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13079	12764	12653
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5245	5015	4722
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.482	2.373	2.228
Humedad	(%)	5.820	5.940	5.900
Densidad seca	(g/cm3)	2.345	2.240	2.104
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	345.10	389.60	312.70
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	329.00	370.90	298.10
Peso del Agua	(gr)	16.10	18.70	14.60
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	276.40	314.70	247.50
Humedad	(%)	5.82	5.94	5.90

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observa que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 76 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	1001.3	1001.30	100.1	2.54	410.3	410.30	41.0	2.54	145.9	145.90	14.6
0.125		3.18	1585.3			3.18	689.3			3.18	245.9		
0.150		3.81	1814.7			3.81	799.8			3.81	299.3		
0.200	1500.0	5.08	2498.3	2498.30	166.6	5.08	824.3	824.30	55.0	5.08	319.3	319.30	21.3
0.300		7.62	2845.6			7.62	1203.5			7.62	428.9		
0.400		10.16	2945.8			10.16	1625.3			10.16	524.9		
0.500		13	3249.2			13	1895.3			13	578.3		

Tabla 77 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	139.1			0.64	146.2			0.64	109.0		
0.050		1.27	392.7			1.27	317.6			1.27	133.8		
0.075		1.91	639.2			1.91	345.2			1.91	131.1		
0.100	1000.0	2.54	968.9	968.9 0	96. 9	2.54	447.3	447.3 0	44. 7	2.54	165.2	165.2 0	16.5
0.125		3.18	1490. 3			3.18	720.7			3.18	268.9		
0.150		3.81	1731. 3			3.81	830.8			3.81	316.3		
0.200	1500.0	5.08	1999. 3	1999. 30	133 .3	5.08	839.8	839.8 0	56. 0	5.08	338.4	338.4 0	22.6
0.300		7.62	2861. 4			7.62	1225. 5			7.62	473.9		
0.400		10.16	2969. 8			10.16	1633. 3			10.16	562.9		
0.500		13	3284. 5			13	1917. 9			13	602.5		

Tabla 78 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDI DAD DE PENETRAC ION	CAR GA STAN D.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12	
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	175.9			0.64	125.5			0.64	110.1		
0.050		1.27	389.7			1.27	284.3			1.27	120.3		
0.075		1.91	643.3			1.91	370.2			1.91	135.2		
0.100	1000.0	2.54	999.9	999.9 0	100 .0	2.54	450.4	450.4 0	45. 0	2.54	145.0	145.0 0	14.5
0.125		3.18	1121. 3			3.18	709.3			3.18	292.9		
0.150		3.81	1317. 7			3.81	832.8			3.81	342.3		
0.200	1500.0	5.08	1536. 7	1536. 70	102 .4	5.08	864.2	864.2 0	57. 6	5.08	362.9	362.9 0	24.2
0.300		7.62	1855. 6			7.62	1225. 5			7.62	473.9		
0.400		10.16	2965. 8			10.16	1647. 3			10.16	530.8		
0.500		13	3250. 6			13	1934. 1			13	582.7		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

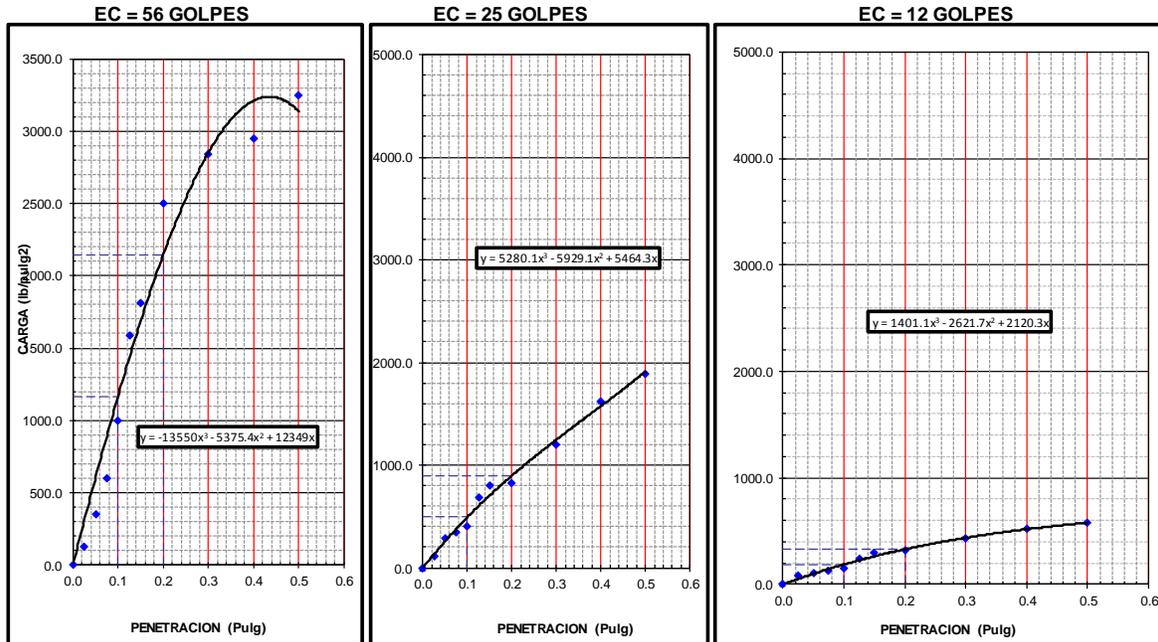


Figura 58 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

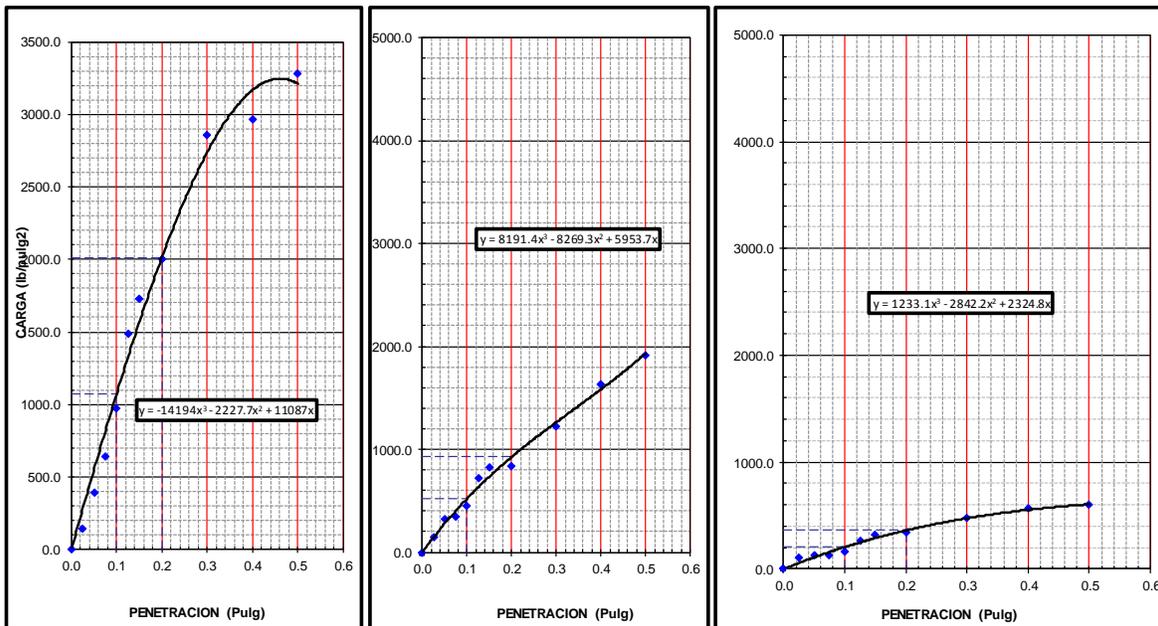


Figura 59 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

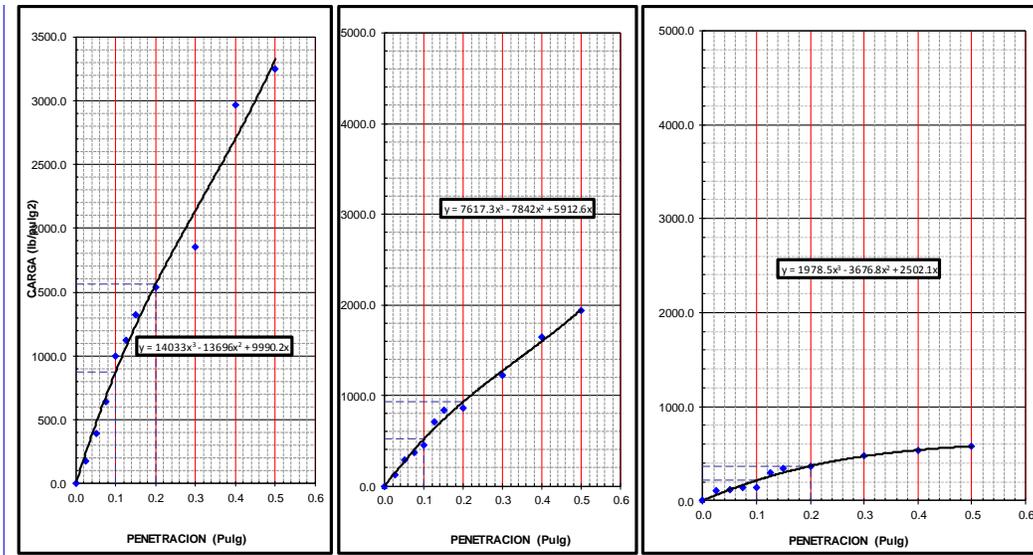


Figura 60 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

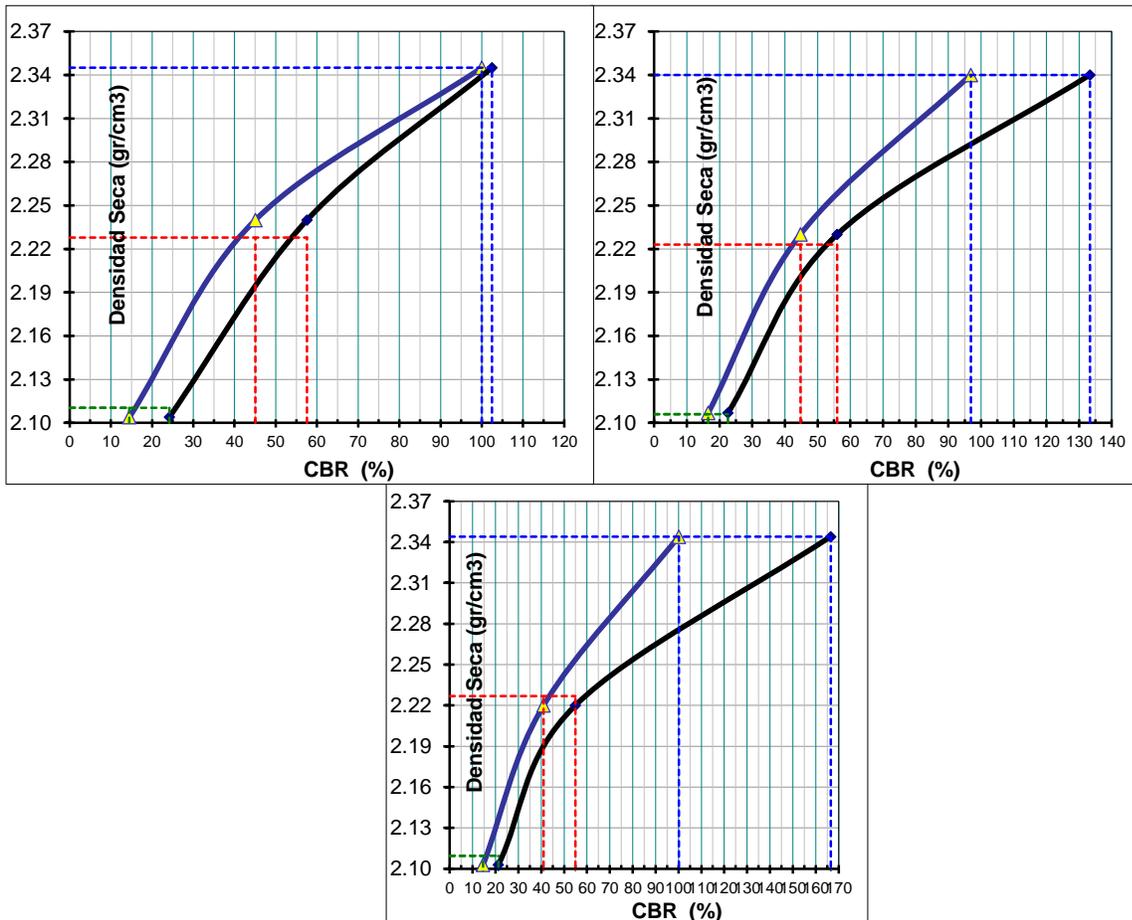


Figura 61 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 79 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	101.6	169.3	100.2	138.2	101.0	103.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	45.6	63.6	44.6	55.9	42.7	55.1

4.4.4. Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 80 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13055	12495	12405
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5222	4747	4475
Volumen de la matriz	(cm ³)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.455	2.247	2.112
Humedad	(%)	4.78	4.84	4.69
Densidad seca	(g/cm³)	2.343	2.143	2.017
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	232.60	324.50	270.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	224.30	312.20	260.10
Peso del Agua	(gr)	8.30	12.30	9.90
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10

Peso del suelo evaporado	(gr)	173.80	254.10	211.00
Humedad	(%)	4.78	4.84	4.69

Tabla 81 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13048	12499	12425
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5215	4751	4495
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.452	2.248	2.121
Humedad	(%)	4.64	4.70	4.56
Densidad seca	(g/cm3)	2.343	2.147	2.029
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	345.70	354.60	241.80
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	332.60	341.30	233.40
Peso del Agua	(gr)	13.10	13.30	8.40
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	282.10	283.20	184.30
Humedad	(%)	4.64	4.70	4.56

Tabla 82 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13068	12475	12385
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5235	4727	4455
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.461	2.237	2.102
Humedad	(%)	5.10	5.00	4.69
Densidad seca	(g/cm3)	2.342	2.130	2.008
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	285.30	375.30	285.90

Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	273.90	360.20	275.30
Peso del Agua	(gr)	11.40	15.10	10.60
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	223.40	302.10	226.20
Humedad	(%)	5.10	5.00	4.69

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 83 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	130.1			0.64	114.8			0.64	69.1		
0.050		1.27	274.8			1.27	184.5			1.27	105.0		
0.075		1.91	403.8			1.91	288.3			1.91	138.3		
0.100	1000.0	2.54	935.8	935.8	93.6	2.54	331.5	331.48	33.1	2.54	163.9	163.9	16.4
0.125		3.18	1307.3			3.18	362.0			3.18	192.7		
0.150		3.81	1695.4			3.81	431.5			3.81	221.6		
0.200	1500.0	5.08	1872.3	1872.27	124.8	5.08	571.4	571.35	38.1	5.08	273.4	273.37	18.2
0.300		7.62	2143.7			7.62	806.2			7.62	360.9		
0.400		10.16	2409.2			10.16	952.7			10.16	448.7		
0.500		13	2592.2			13	1066.9			13	526.8		

Tabla 84 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION		
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%			
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0					
0.025		0.64	155.3			0.64	120.7			0.64	86.3					
0.050		1.27	283.8			1.27	203.5			1.27	123.0					
0.075		1.91	413.8			1.91	308.3			1.91	152.3					
0.100	1000.0	2.54	945.3	945.3	94.5	2.54	356.4	356.40	35.6	2.54	164.4	164.40	16.4			
0.125		3.18	1458.3			3.18	366.0			3.18	216.7					
0.150		3.81	1689.4			3.81	453.5			3.81	244.6					
0.200	1500.0	5.08	1893.1	1893.10	126.2	5.08	595.3	595.30	39.7	5.08	275.2	275.20	18.3			
0.300		7.62	2165.2			7.62	807.2			7.62	367.0					
0.400		10.16	2427.2			10.16	943.7			10.16	455.7					
0.500		13	2581.3			13	1079.2			13	524.1					

Tabla 85 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION		
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%			
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0					
0.025		0.64	133.2			0.64	105.8			0.64	72.0					
0.050		1.27	276.8			1.27	189.4			1.27	120.7					
0.075		1.91	413.8			1.91	285.3			1.91	151.3					
0.100	1000.0	2.54	945.2	945.20	94.5	2.54	325.9	325.90	32.6	2.54	166.2	166.20	16.6			
0.125		3.18	1200.3			3.18	353.0			3.18	194.7					
0.150		3.81	1305.3			3.81	422.5			3.81	218.6					
0.200	1500.0	5.08	1876.0	1876.00	125.1	5.08	584.9	584.90	39.0	5.08	284.7	284.70	19.0			
0.300		7.62	2145.2			7.62	804.2			7.62	350.9					
0.400		10.16	2426.2			10.16	966.7			10.16	460.7					
0.500		13	2588.2			13	1069.3			13	524.8					

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

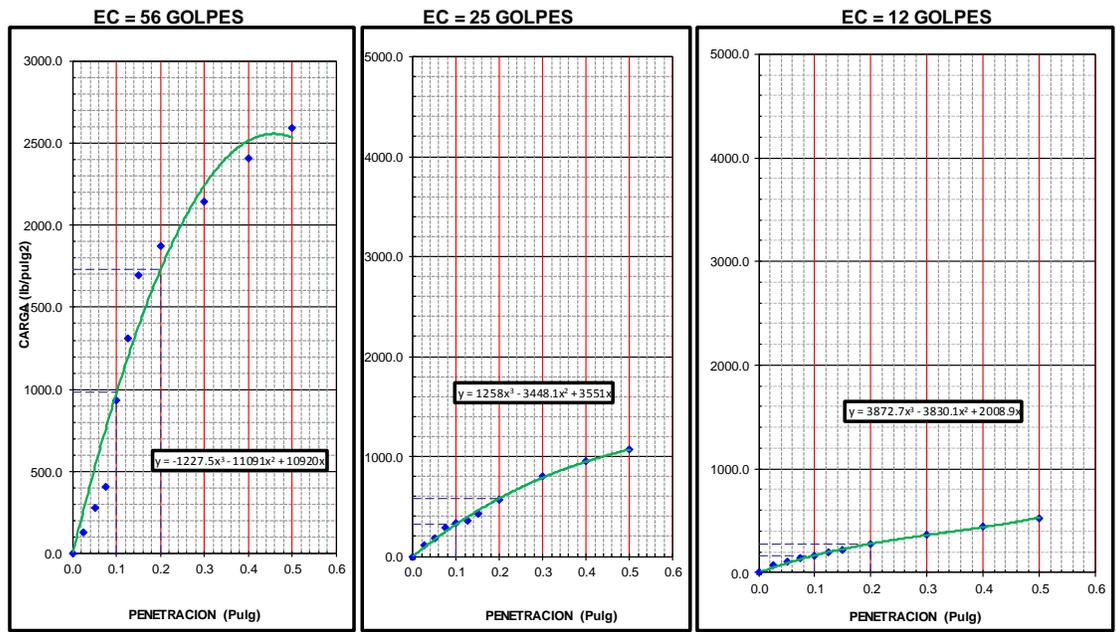


Figura 62 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

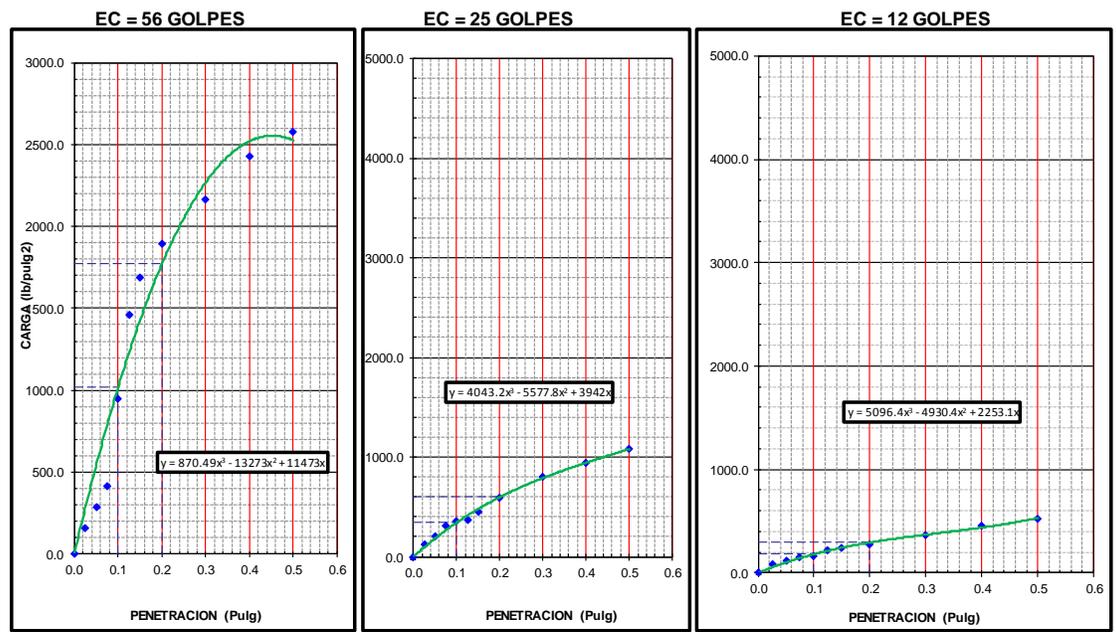


Figura 63 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

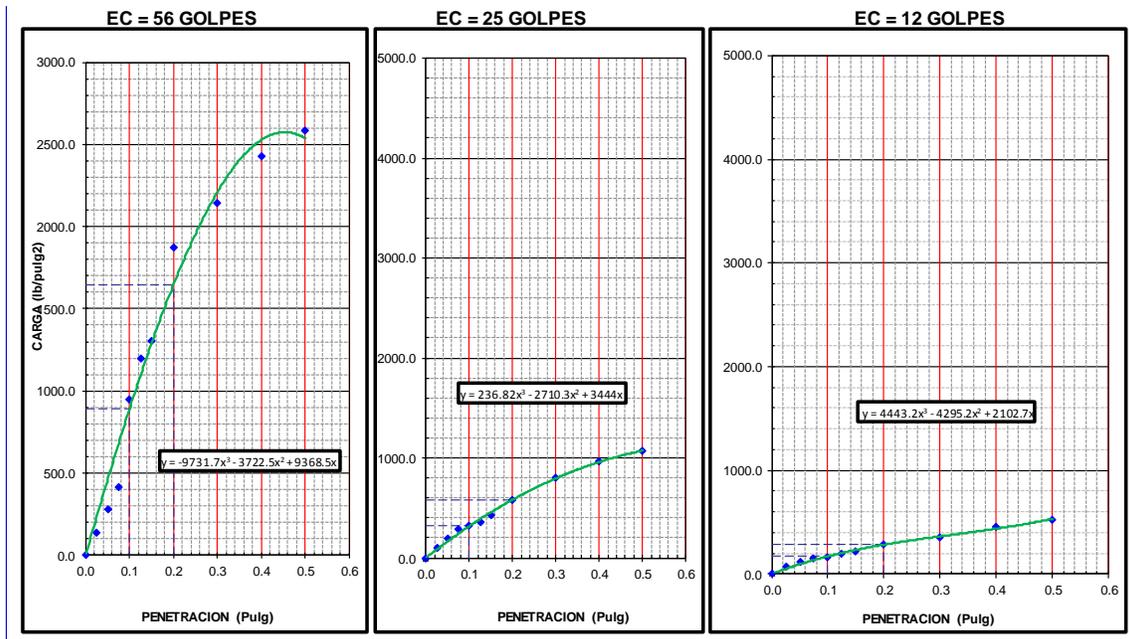


Figura 64 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

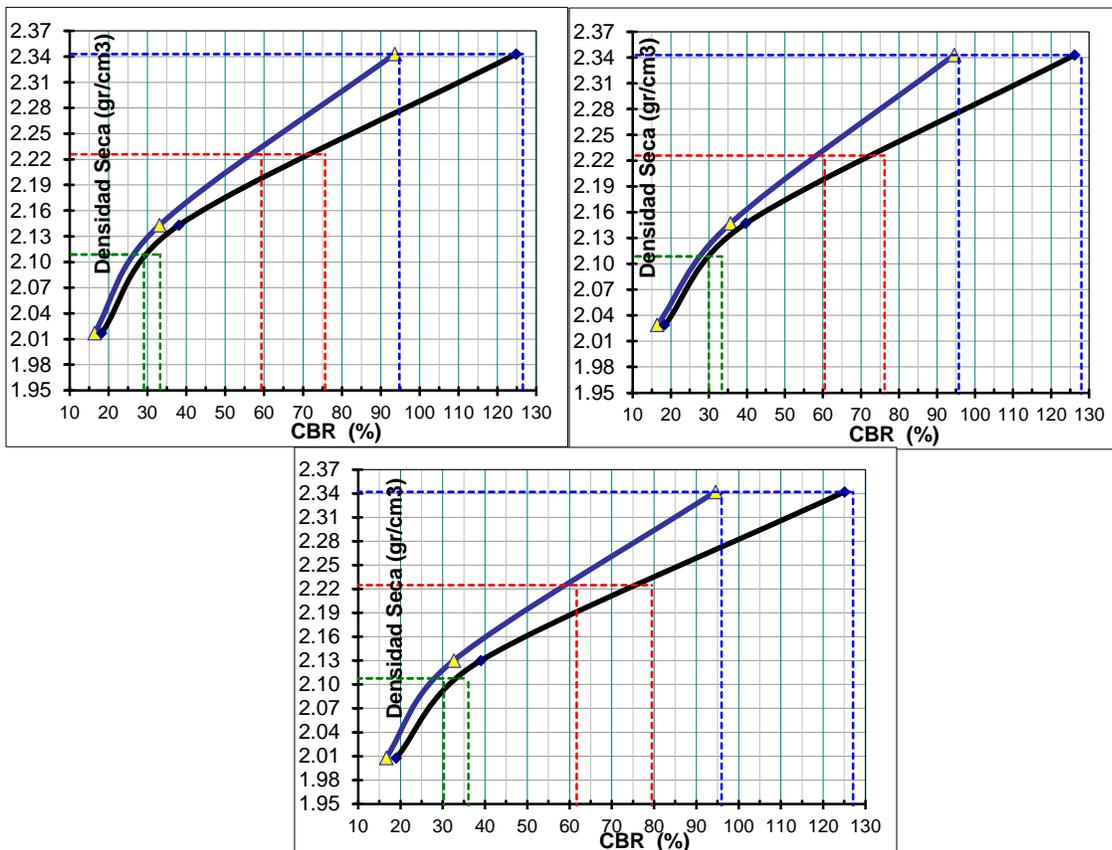


Figura 65 CBR vs densidad – Primer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 86 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	94.8	126.6	95.7	128.0	96.0	127.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	59.3	75.7	60.5	76.2	61.7	79.5

4.4.5. Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 87 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13135	12495	12405
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5302	4747	4475
Volumen de la matriz	(cm ³)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.493	2.247	2.112
Humedad	(%)	6.39	6.48	6.47
Densidad seca	(g/cm³)	2.343	2.110	1.984
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	259.50	238.20	381.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	247.30	226.90	361.60
Peso del Agua	(gr)	12.20	11.30	20.00
Peso del Recipiente	(gr)	56.40	52.60	52.60

Peso del suelo evaporado	(gr)	190.90	174.30	309.00
Humedad	(%)	6.39	6.48	6.47

Tabla 88 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13088	12501	12427
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5255	4753	4497
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.471	2.249	2.122
Humedad	(%)	5.32	6.59	6.74
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.110	1.988
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	268.30	278.90	312.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	257.60	264.90	295.80
Peso del Agua	(gr)	10.70	14.00	16.40
Peso del Recipiente	(gr)	56.40	52.60	52.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	201.20	212.30	243.20
Humedad	(%)	5.32	6.59	6.74

Tabla 89 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13049	12501	12417
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5216	4753	4487
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.452	2.249	2.118
Humedad	(%)	5.76	5.50	5.24
Densidad seca	(g/cm3)	2.318	2.132	2.013
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	348.30	317.20	325.80
Recipiente + Suelo	(gr)	332.40	303.40	312.20

evaporado				
Peso del Agua	(gr)	15.90	13.80	13.60
Peso del Recipiente	(gr)	56.40	52.60	52.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	276.00	250.80	259.60
Humedad	(%)	5.76	5.50	5.24

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observa que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 90 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
pulg	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	kg/cm 2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	120.6			0.64	137.8			0.64	94.5		
0.050		1.27	258.9			1.27	286.2			1.27	121.4		
0.075		1.91	421.9			1.91	429.9			1.91	161.0		
0.100	1000.0	2.54	1031.7	1031.70	103.2	2.54	573.7	573.70	57.4	2.54	193.8	193.81	19.4
0.125		3.18	1801.1			3.18	709.3			3.18	221.3		
0.150		3.81	1992.3			3.81	843.9			3.81	247.4		
0.200	1500.0	5.08	2290.3	2290.30	152.7	5.08	1030.1	1030.08	68.7	5.08	294.8	294.82	19.7
0.300		7.62	2354.8			7.62	1362.4			7.62	372.3		
0.400		10.16	2999.3			10.16	1647.4			10.16	460.9		
0.500		13	3025.8			13	1861.8			13	532.1		

Tabla 91 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																									
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12									
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION											
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2		Dial (div)	lb/pul g2	kg/cm 2	kg/cm 2		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2					
0.000		0	0.0				0	0.0				0	0.0												
0.025		0.64	139.1				0.64	156.8				0.64	121.5												
0.050		1.27	242.9				1.27	270.4				1.27	124.4												
0.075		1.91	423.9				1.91	431.9				1.91	159.1												
0.100	1000.0	2.54	1040.0	1040.00	104.00		2.54	569.7	569.70	57.0		2.54	209.8	209.81										21.0	
0.125		3.18	1325.8				3.18	694.1				3.18	242.8												
0.150		3.81	1565.9				3.81	870.9				3.81	269.4												
0.200	1500.0	5.08	1893.0	1893.00	126.2		5.08	1047.1	1047.08	69.8		5.08	318.4	318.40										21.2	
0.300		7.62	2002.3				7.62	1369.5				7.62	356.3												
0.400		10.16	2530.7				10.16	1631.4				10.16	451.9												
0.500		13	2912.0				13	1852.6				13	517.4												

Tabla 92 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																										
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12										
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION												
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2		Dial (div)	lb/pul g2	kg/cm 2	kg/cm 2		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2							
0.000		0	0.0				0	0.0				0	0.0													
0.025		0.64	129.2				0.64	132.7				0.64	113.2													
0.050		1.27	586.4				1.27	288.0				1.27	128.4													
0.075		1.91	813.2				1.91	418.9				1.91	178.0													
0.100	1000.0	2.54	968.9	968.90	96.9		2.54	571.7	571.70	57.2		2.54	177.8	177.81										17.8		
0.125		3.18	1202.3				3.18	727.3				3.18	244.3													
0.150		3.81	1299.9				3.81	832.9				3.81	258.3													
0.200	1500.0	5.08	1555.9	1555.90	103.7		5.08	1017.1	1017.08	67.8		5.08	314.4	314.40										21.0		
0.300		7.62	1873.0				7.62	1355.4				7.62	371.3													
0.400		10.16	2511.5				10.16	1665.4				10.16	476.9													
0.500		13	2932.1				13	1867.1				13	547.2													

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

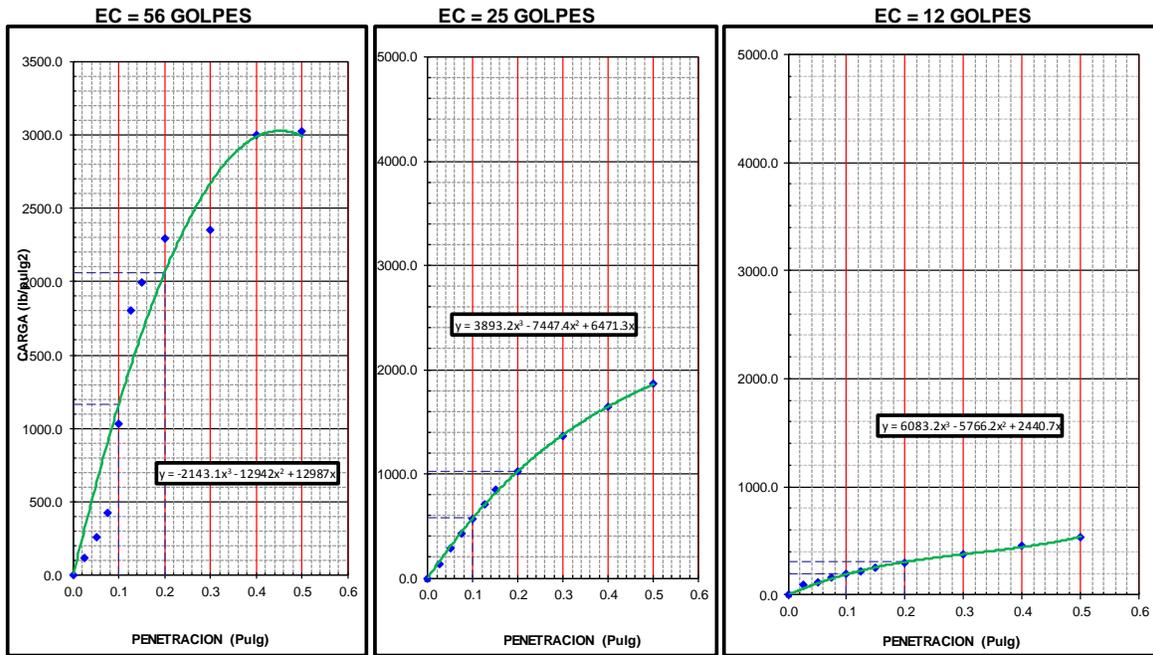


Figura 66 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

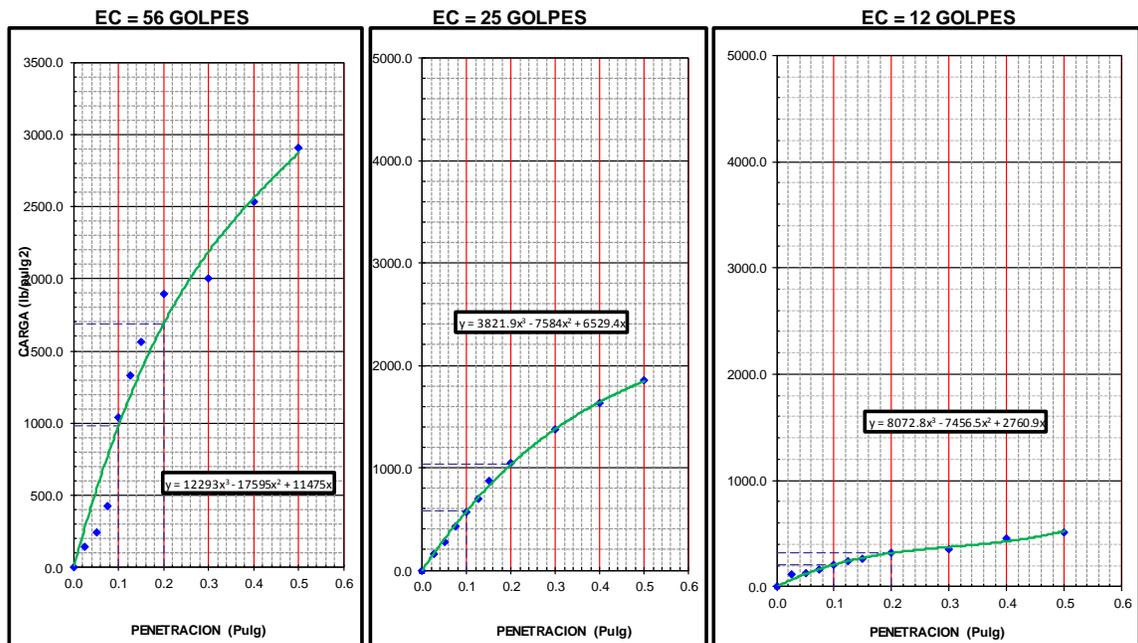


Figura 67 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

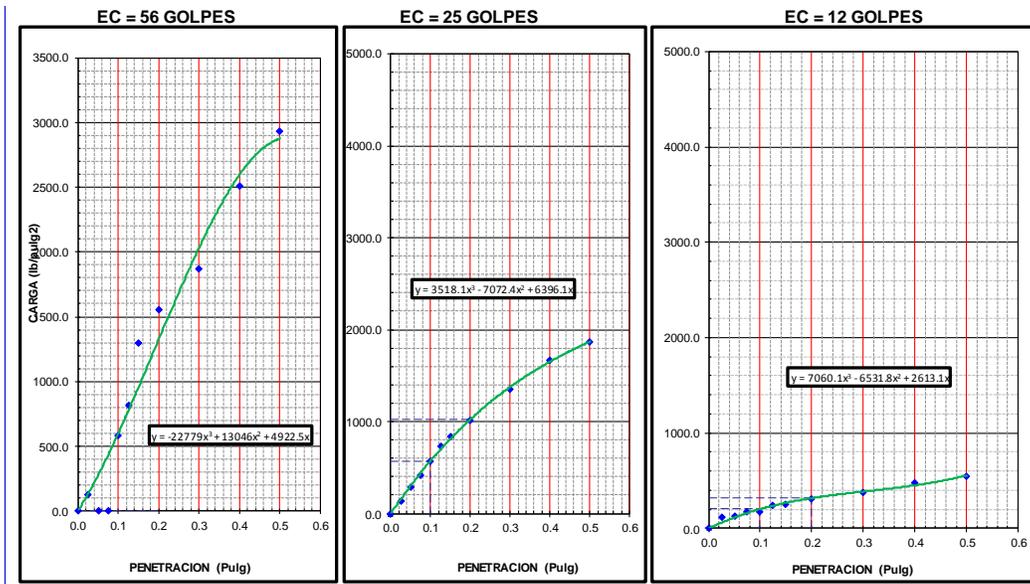


Figura 68 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

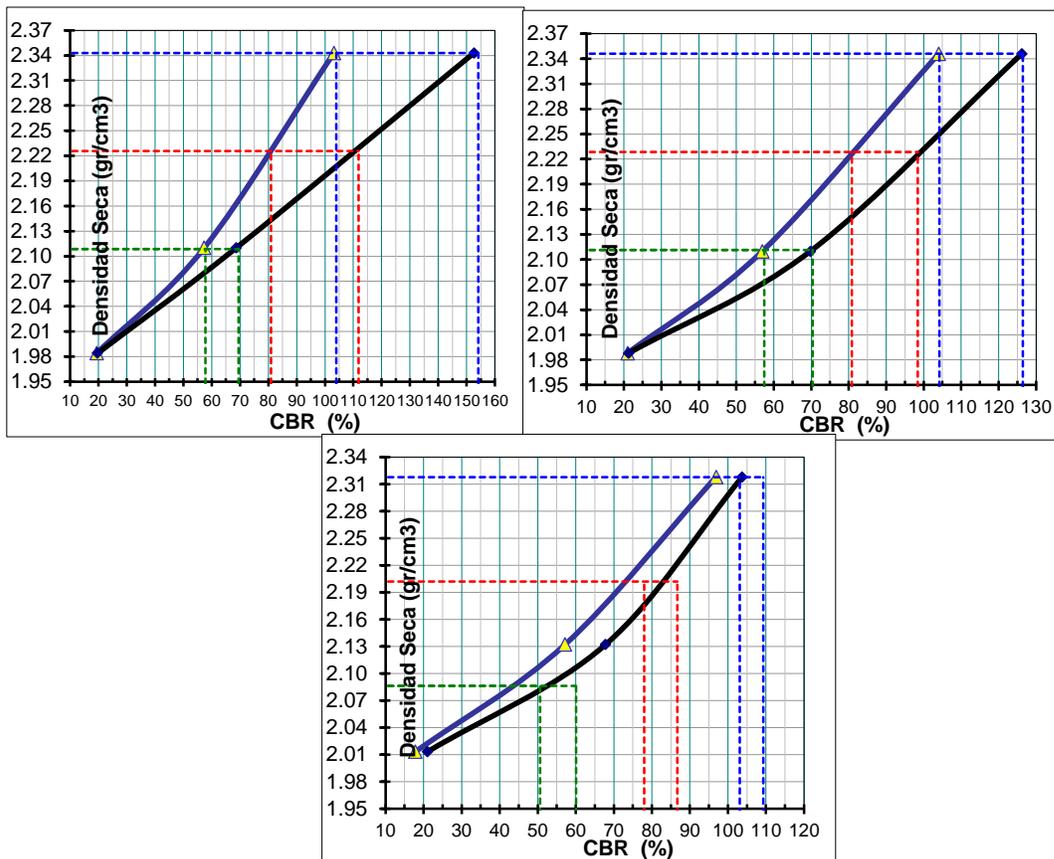


Figura 69 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 93 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	104.0	154.1	104.2	126.4	103.1	109.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	80.9	111.8	80.8	98.4	78.0	86.7

4.5. Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2.25

Para realizar el ensayo de CBR se realizó con el promedio de los tres ensayos de proctor del material en estado natural, se tomó en cuenta 2.347 de Máxima densidad seca y 5.32 % de optimo contenido de humedad.

Se utilizó 6 kg de muestra del cual se tomó 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5 % para obtener el peso en cemento, obtenido el peso de cemento a través de la relación A/C se obtiene la cantidad de agua necesaria en peso. En la siguiente tabla se muestra los pesos obtenidos de cemento y agua.

Tabla 94 Pesos agua cemento A/C = 2.25

Peso muestra	%	a/c=	2.25
		Peso cemento	Peso agua
6.00	0.5	30	67.50
6.00	0.75	45	101.25
6.00	1	60	135.00
6.00	1.25	75	168.75
6.00	1.5	90	202.50

Relación CBR del material de base granular necesita cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 95 Requisitos de base granular

Requisitos de calidad para base granular
--

Índice plasticidad	2min%	mtc e 111	
CBR	80min%	mtc e 132	ejes equivalentes <10000000
CBR	100min%	mtc e 133	ejes equivalentes >10000000

Fuente: MTC especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

4.5.1. Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.25

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 96 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12999	12693	12295
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5222	4898	4614
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.503	2.348	2.212
Humedad	(%)	6.69	6.80	6.85
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.199	2.070
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	352.20	307.70	349.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	333.30	291.70	330.10
Peso del Agua	(gr)	18.90	16.00	19.10
Peso del Recipiente	(gr)	50.60	56.30	51.30
Peso del suelo evaporado	(gr)	282.70	235.40	278.80
Humedad	(%)	6.69	6.80	6.85

Tabla 97 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12945	12685	12284
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5168	4890	4603

Volumen de la matriz	(cm ³)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.477	2.344	2.207
Humedad	(%)	6.29	6.30	6.04
Densidad seca	(g/cm³)	2.330	2.205	2.081
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	315.90	358.20	374.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.20	340.30	355.90
Peso del Agua	(gr)	15.70	17.90	18.40
Peso del Recipiente	(gr)	50.60	56.30	51.30
Peso del suelo evaporado	(gr)	249.60	284.00	304.60
Humedad	(%)	6.29	6.30	6.04

Tabla 98 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12950	12645	12215
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5173	4850	4534
Volumen de la matriz	(cm ³)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.480	2.325	2.174
Humedad	(%)	5.79	5.96	5.42
Densidad seca	(g/cm³)	2.344	2.194	2.062
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	341.20	315.90	345.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	325.30	301.30	330.10
Peso del Agua	(gr)	15.90	14.60	15.10
Peso del Recipiente	(gr)	50.60	56.30	51.30
Peso del suelo evaporado	(gr)	274.70	245.00	278.80
Humedad	(%)	5.79	5.96	5.42

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observa que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 99 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	kg/cm ²		Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0.000		0	0.0			0	0.0				0	0.0				
0.025		0.64	80.2			0.64	24.0				0.64	75.8				
0.050		1.27	366.3			1.27	56.1				1.27	123.6				
0.075		1.91	561.6			1.91	89.1				1.91	172.0				
0.100	1000.0	2.54	950.2	950.2	95.0	2.54	134.7	134.74	13.5		2.54	234.1	234.14	23.4		
0.125		3.18	1480.6			3.18	201.7				3.18	280.2				
0.150		3.81	1562.3			3.81	279.2				3.81	317.6				
0.200	1500.0	5.08	1765.6	1765.60	117.7	5.08	495.3	495.31	33.0		5.08	423.5	423.54	28.2		
0.300		7.62	2144.2			7.62	782.1				7.62	566.6				
0.400		10.16	2480.6			10.16	1236.5				10.16	704.0				
0.500		13	2802.3			13	1615.5				13	803.9				

Tabla 100 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	kg/cm ²		Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0.000		0	0.0			0	0.0				0	0.0				
0.025		0.64	96.1			0.64	35.1				0.64	64.7				
0.050		1.27	545.6			1.27	44.1				1.27	131.2				
0.075		1.91	879.8			1.91	100.1				1.91	174.0				
0.100	1000.0	2.54	850.6	850.60	85.1	2.54	133.7	133.74	13.4		2.54	256.1	256.14	25.6		
0.125		3.18	1483.6			3.18	201.2				3.18	283.2				

0.150		3.81	1545.3			3.81	290.4			3.81	296.6		
0.200	1500.0	5.08	1751.5	1751.50	116.8	5.08	494.3	494.31	33.0	5.08	408.9	408.90	27.3
0.300		7.62	2131.2			7.62	767.1			7.62	584.6		
0.400		10.16	2462.9			10.16	1260.5			10.16	721.0		
0.500		13	2814.3			13	1612.9			13	785.1		

Tabla 101 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²			Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²			Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²		
0.000		0	0.0			0	0.0				0	0.0				
0.025		0.64	87.9			0.64	52.0				0.64	100.2				
0.050		1.27	178.3			1.27	62.1				1.27	118.6				
0.075		1.91	287.6			1.91	105.4				1.91	162.0				
0.100	1000.0	2.54	924.8	924.80	92.5	2.54	145.7	145.74	14.6		2.54	222.0	222.00	22.2		
0.125		3.18	1478.6			3.18	225.7				3.18	288.2				
0.150		3.81	1565.3			3.81	301.9				3.81	306.6				
0.200	1500.0	5.08	1795.9	1795.90	119.7	5.08	526.3	526.31	35.1		5.08	432.9	432.90	28.9		
0.300		7.62	2131.2			7.62	777.5				7.62	564.6				
0.400		10.16	2493.2			10.16	1236.5				10.16	707.0				
0.500		13	2823.3			13	1600.2				13	810.1				

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

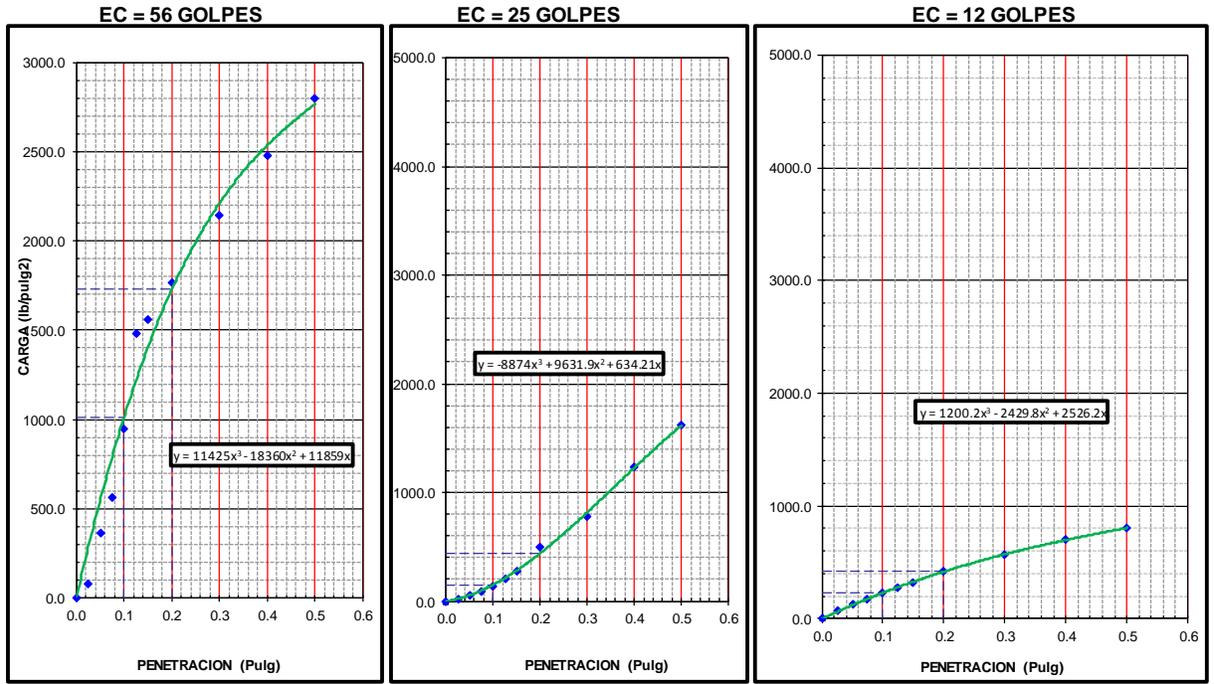


Figura 70 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

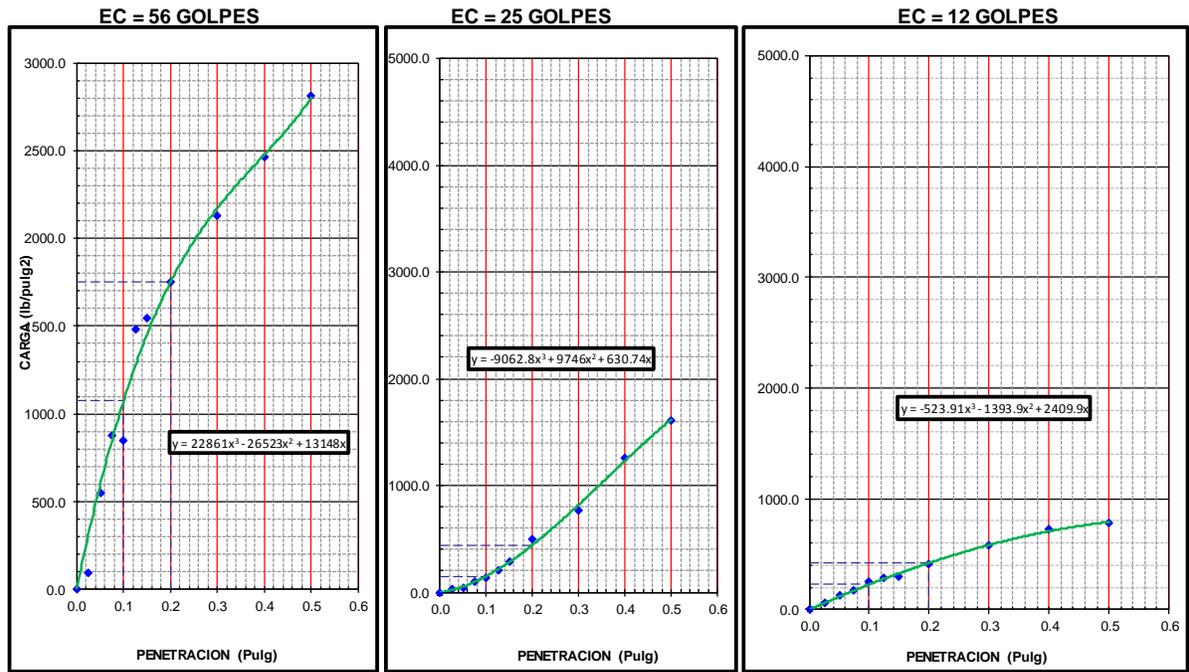


Figura 71 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

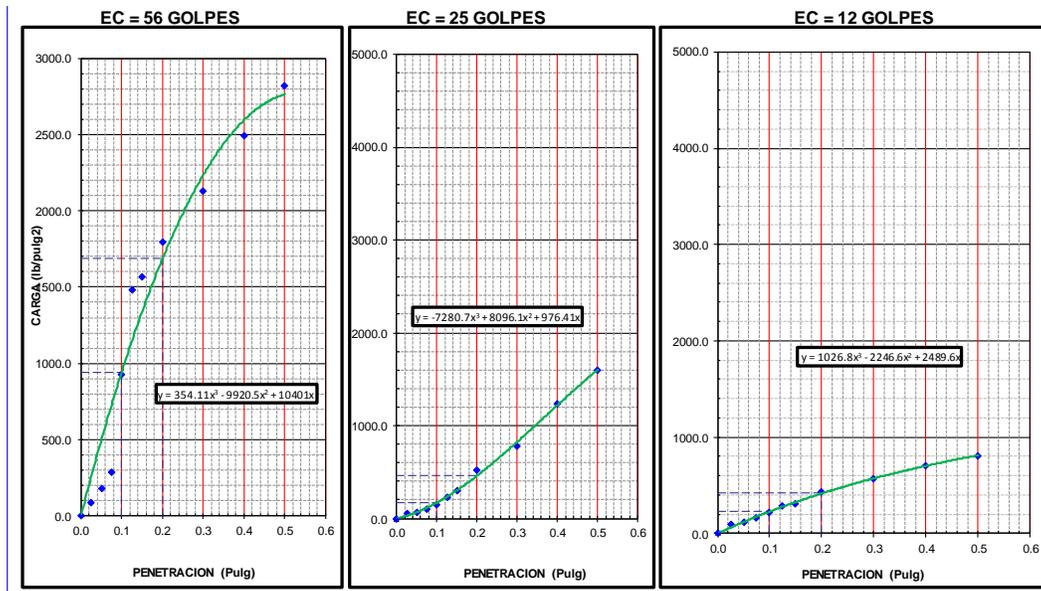


Figura 72 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

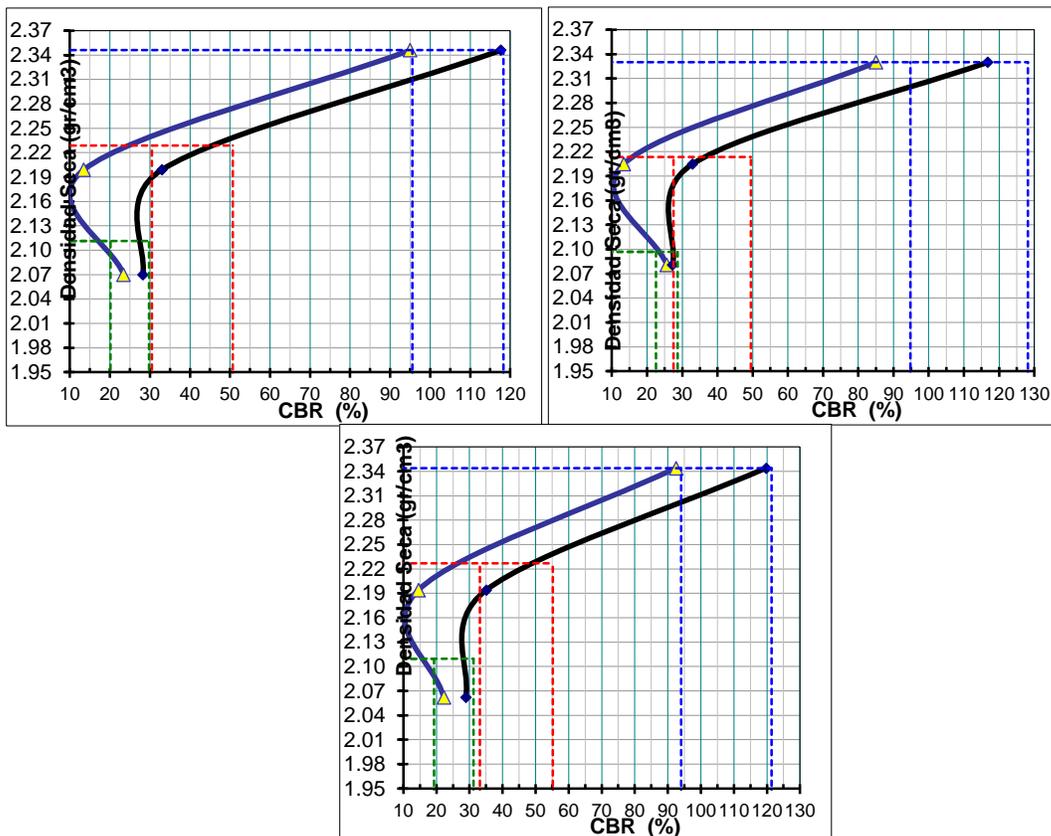


Figura 73 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 102 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	95.6	118.3	94.8	128.2	94.0	121.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	30.5	50.7	27.5	49.5	33.1	55.2

4.5.2. Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.25

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 103 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13029	12799	12594
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5196	5051	4664
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.443	2.390	2.201
Humedad	(%)	4.33	4.29	4.83
Densidad seca	(g/cm3)	2.342	2.292	2.100
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	233.50	325.60	268.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	225.90	314.60	258.10
Peso del Agua	(gr)	7.60	11.00	10.10
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	175.40	256.50	209.00

Humedad	(%)	4.33	4.29	4.83
----------------	------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 104 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13050	12715	12654
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5217	4967	4724
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.453	2.351	2.229
Humedad	(%)	4.70	4.29	4.17
Densidad seca	(g/cm3)	2.343	2.254	2.140
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	333.20	245.20	364.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	320.50	237.50	351.60
Peso del Agua	(gr)	12.70	7.70	12.60
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	270.00	179.40	302.50
Humedad	(%)	4.70	4.29	4.17

Tabla 105 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13017	12795	12604
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5184	5047	4674
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.437	2.389	2.206
Humedad	(%)	5.42	6.05	6.61
Densidad seca	(g/cm3)	2.312	2.253	2.069
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	334.60	245.70	284.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	320.00	235.00	270.00

Peso del Agua	(gr)	14.60	10.70	14.60
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	269.50	176.90	220.90
Humedad	(%)	5.42	6.05	6.61

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observa que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 106 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	93.2			0.64	61.2			0.64	98.2		
0.050		1.27	191.5			1.27	96.0			1.27	104.9		
0.075		1.91	282.3			1.91	154.0			1.91	118.7		
0.100	1000.0	2.54	900.0	900.0	90.0	2.54	187.3	187.30	18.7	2.54	140.2	140.20	14.0
0.125		3.18	1592.4			3.18	391.2			3.18	201.2		
0.150		3.81	1438.7			3.81	537.3			3.81	236.5		
0.200	1500.0	5.08	1867.2	1867.20	124.5	5.08	685.2	685.20	45.7	5.08	303.1	303.10	20.2
0.300		7.62	2153.6			7.62	1103.5			7.62	400.8		
0.400		10.16	2543.4			10.16	1196.3			10.16	498.7		
0.500		13	2661.9			13	1284.9			13	556.2		

Tabla 107 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
	pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0.000		0	0.0			0	0.0				0	0.0				
0.025		0.64	82.1			0.64	79.3				0.64	89.7				
0.050		1.27	213.4			1.27	106.0				1.27	101.9				
0.075		1.91	547.3			1.91	144.0				1.91	133.7				
0.100	1000.0	2.54	937.8	937.8	93.8	2.54	182.4	182.40	18.2		2.54	147.6	147.6	0	14.8	
0.125		3.18	1442.7			3.18	404.2				3.18	211.2				
0.150		3.81	1662.2			3.81	530.3				3.81	240.5				
0.200	1500.0	5.08	1861.3	1861.30	124.1	5.08	665.2	665.20	44.3		5.08	295.4	295.4	0	19.7	
0.300		7.62	2175.6			7.62	1103.7				7.62	414.8				
0.400		10.16	2537.4			10.16	1213.4				10.16	493.5				
0.500		13	2657.1			13	1284.8				13	554.2				

Tabla 108 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
	pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0.000		0	0.0			0	0.0				0	0.0				
0.025		0.64	87.3			0.64	63.3				0.64	119.3				
0.050		1.27	226.5			1.27	106.1				1.27	109.9				
0.075		1.91	514.3			1.91	150.0				1.91	120.7				
0.100	1000.0	2.54	685.9	685.9	68.6	2.54	216.3	216.30	21.6		2.54	155.3	155.3	0	15.5	
0.125		3.18	1590.4			3.18	388.2				3.18	227.2				
0.150		3.81	1438.7			3.81	529.3				3.81	259.5				
0.200	1500.0	5.08	1879.3	1879.30	125.3	5.08	700.4	700.40	46.7		5.08	299.4	299.4	0	20.0	
0.300		7.62	2180.6			7.62	1109.7				7.62	407.8				
0.400		10.16	2563.4			10.16	1221.3				10.16	528.7				

0.500		13	2652. 7		13	1314. 9		13	567.4	
-------	--	----	------------	--	----	------------	--	----	-------	--

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

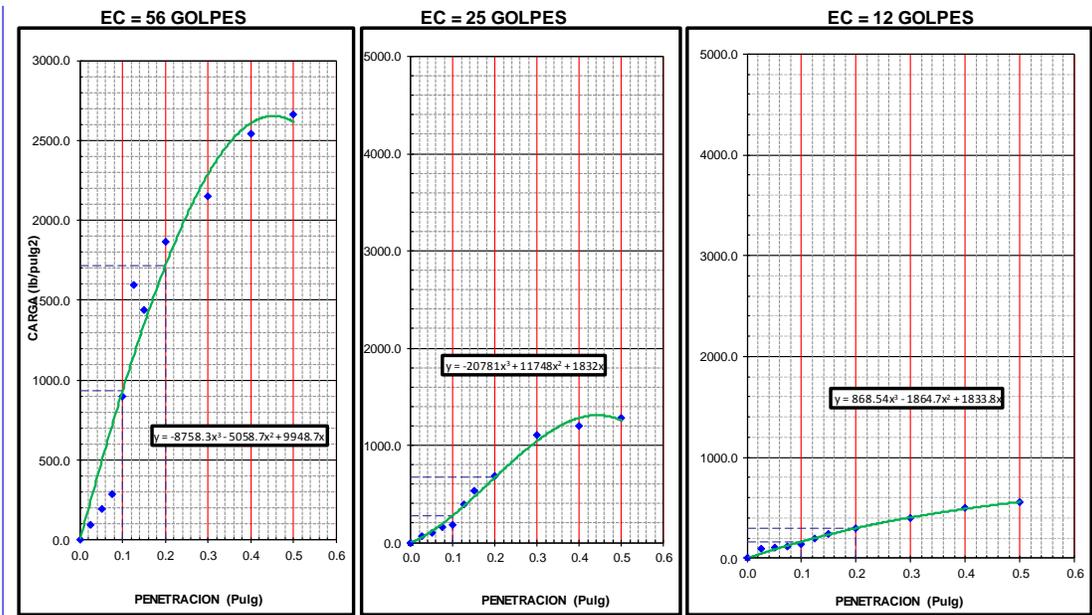


Figura 74 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

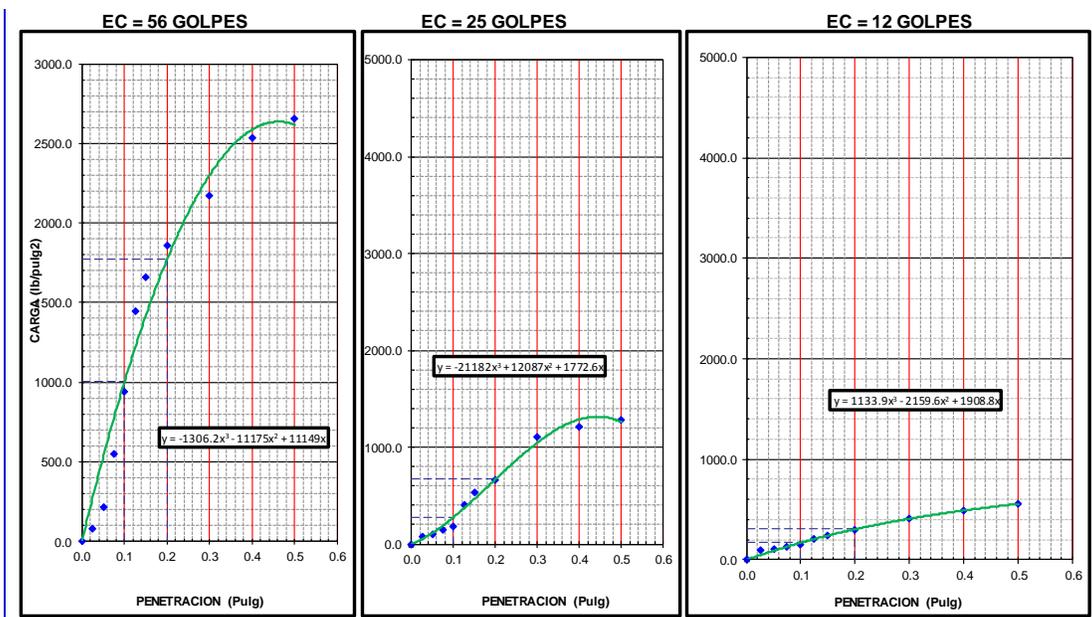


Figura 75 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

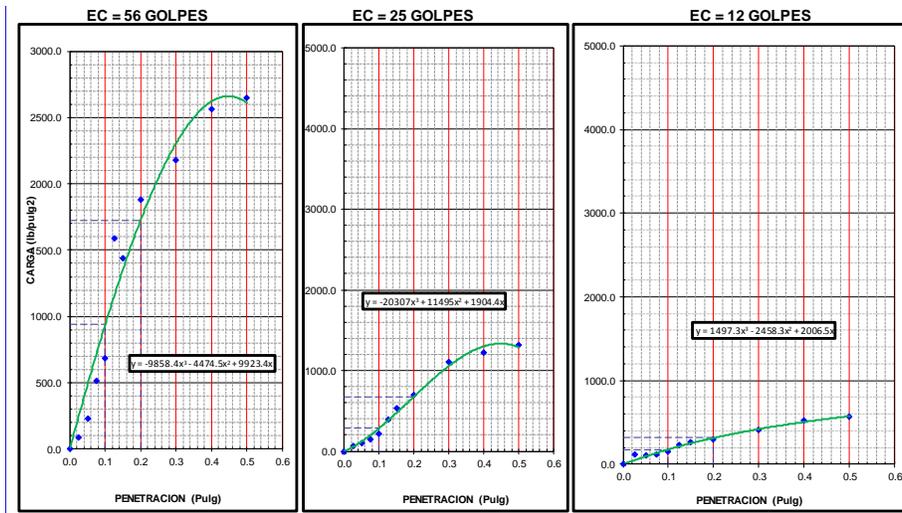


Figura 76 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

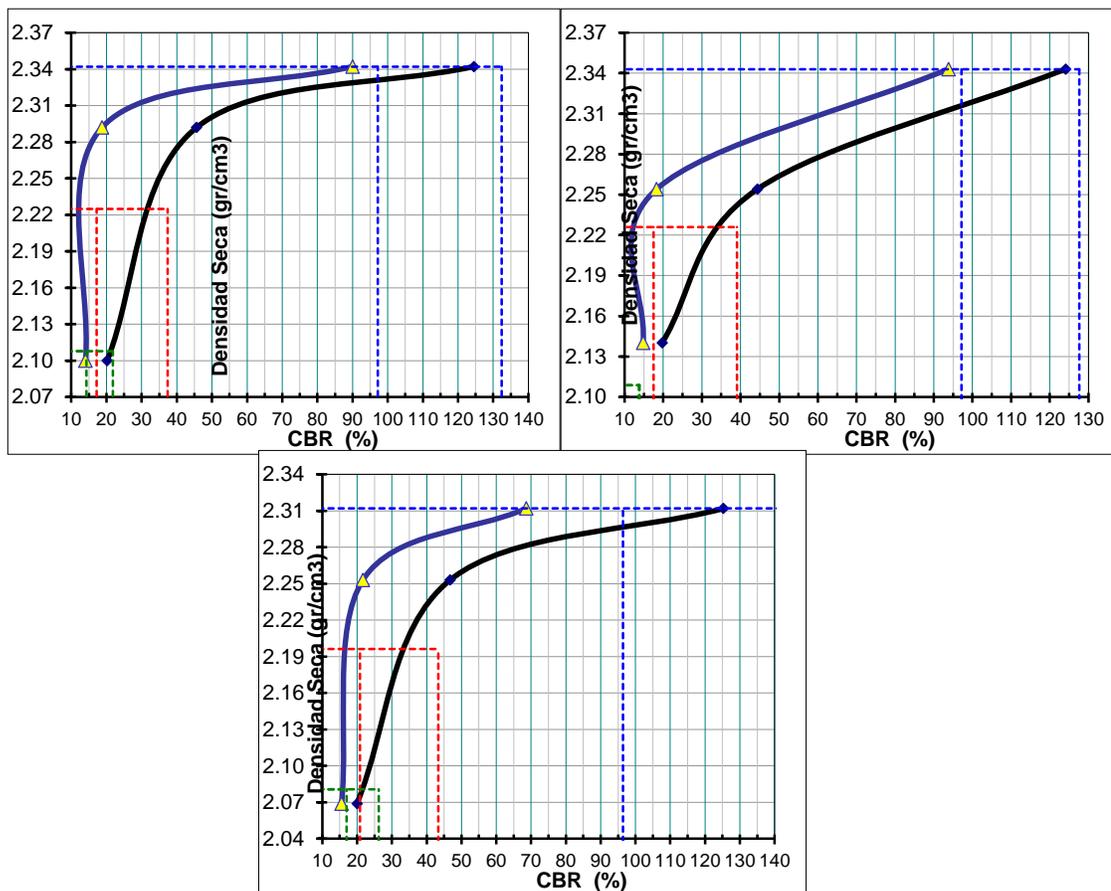


Figura 77 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 109 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	97.1	132.4	97.2	127.7	96.4	171.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	17.2	37.4	17.5	39.1	20.9	43.3

4.5.3. Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.25

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 110 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12949	12402	12102
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5172	4607	4421
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.479	2.209	2.119
Humedad	(%)	6.03	6.12	6.30
Densidad seca	(g/cm3)	2.338	2.082	1.993
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.60	297.50	310.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	234.50	283.70	295.10
Peso del Agua	(gr)	11.10	13.80	15.50

Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	184.00	225.60	246.00
Humedad	(%)	6.03	6.12	6.30

Tabla 111 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12978	12391	12122
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5201	4596	4441
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.493	2.203	2.129
Humedad	(%)	6.54	7.01	6.93
Densidad seca	(g/cm3)	2.340	2.059	1.991
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	315.90	325.40	345.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	299.60	307.90	326.00
Peso del Agua	(gr)	16.30	17.50	19.20
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	249.10	249.80	276.90
Humedad	(%)	6.54	7.01	6.93

Tabla 112 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12935	12658	12453
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5158	4863	4772
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.473	2.331	2.288
Humedad	(%)	6.30	5.86	6.14
Densidad seca	(g/cm3)	2.326	2.202	2.156
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	241.30	235.10	221.90

Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	230.00	225.30	211.90
Peso del Agua	(gr)	11.30	9.80	10.00
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	179.50	167.20	162.80
Humedad	(%)	6.30	5.86	6.14

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 113 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STANDARD.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²			Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²			Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²		
0.000		0	0.0			0	0.0				0	0.0				
0.025		0.64	99.6			0.64	65.6				0.64	98.2				
0.050		1.27	197.3			1.27	98.3				1.27	103.5				
0.075		1.91	287.6			1.91	156.3				1.91	117.3				
0.100	1000.0	2.54	1041.2	1041.20	104.1	2.54	189.6	189.60	19.0		2.54	140.5	140.50	14.1		
0.125		3.18	1598.3			3.18	397.0				3.18	199.8				
0.150		3.81	1745.6			3.81	539.6				3.81	235.1				
0.200	1500.0	5.08	1874.1	1874.10	124.9	5.08	687.2	687.20	45.8		5.08	301.7	301.70	20.1		
0.300		7.62	2158.9			7.62	1105.8				7.62	399.4				
0.400		10.16	2548.7			10.16	1198.6				10.16	497.3				
0.500		13	2667.2			13	1287.2				13	554.8				

Tabla 114 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
	pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%		Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	
0.000		0	0.0				0	0.0			0	0.0				
0.025		0.64	119.5				0.64	98.6			0.64	124.4				
0.050		1.27	215.3				1.27	125.1			1.27	131.5				
0.075		1.91	508.9				1.91	179.3			1.91	139.3				
0.100	1000.0	2.54	1053.9	1053.90	105.4	2.54	208.6	208.60	20.9	2.54	159.6	159.60	16.0			
0.125		3.18	1632.3			3.18	429.4			3.18	225.8					
0.150		3.81	1775.1			3.81	566.6			3.81	264.1					
0.200	1500.0	5.08	1893.1	1893.10	126.2	5.08	716.7	716.70	47.8	5.08	330.8	330.80	22.1			
0.300		7.62	2178.9			7.62	1123.8			7.62	432.4					
0.400		10.16	2566.7			10.16	1228.6			10.16	520.3					
0.500		13	2688.3			13	1319.4			13	584.1					

Tabla 115 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		%	CARGA		CORRECCION		
	pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²		Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%		Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	
0.000		0	0.0				0	0.0			0	0.0				
0.025		0.64	116.1				0.64	81.8			0.64	115.1				
0.050		1.27	254.8				1.27	72.2			1.27	76.0				
0.075		1.91	583.3				1.91	114.8			1.91	86.2				
0.100	1000.0	2.54	934.7	934.70	93.5	2.54	139.3	139.29	13.9	2.54	103.2	103.22	10.3			
0.125		3.18	1439.1			3.18	291.4			3.18	146.8					
0.150		3.81	1547.8			3.81	396.4			3.81	172.7					
0.200	1500.0	5.08	1642.2	1642.17	109.5	5.08	504.9	504.86	33.7	5.08	221.2	221.20	14.7			
0.300		7.62	1851.4			7.62	812.4			7.62	293.4					
0.400		10.16	2137.8			10.16	880.6			10.16	365.3					
0.500		13	2224.8			13	945.5			13	407.1					

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

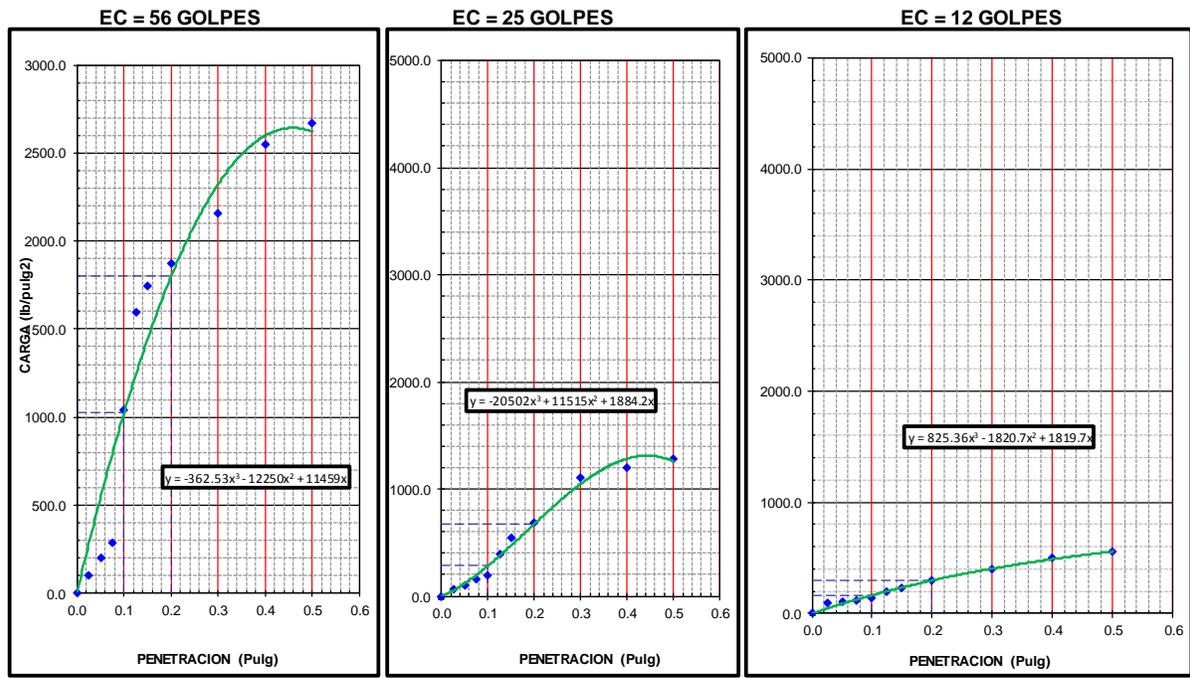


Figura 78 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

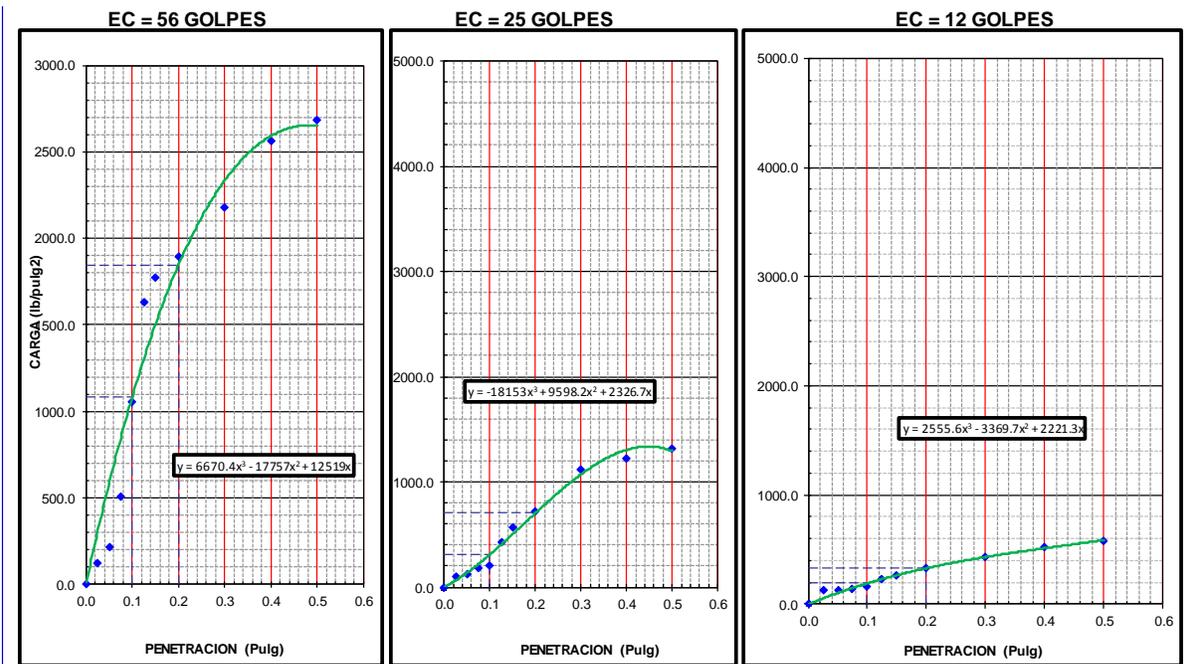


Figura 79 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

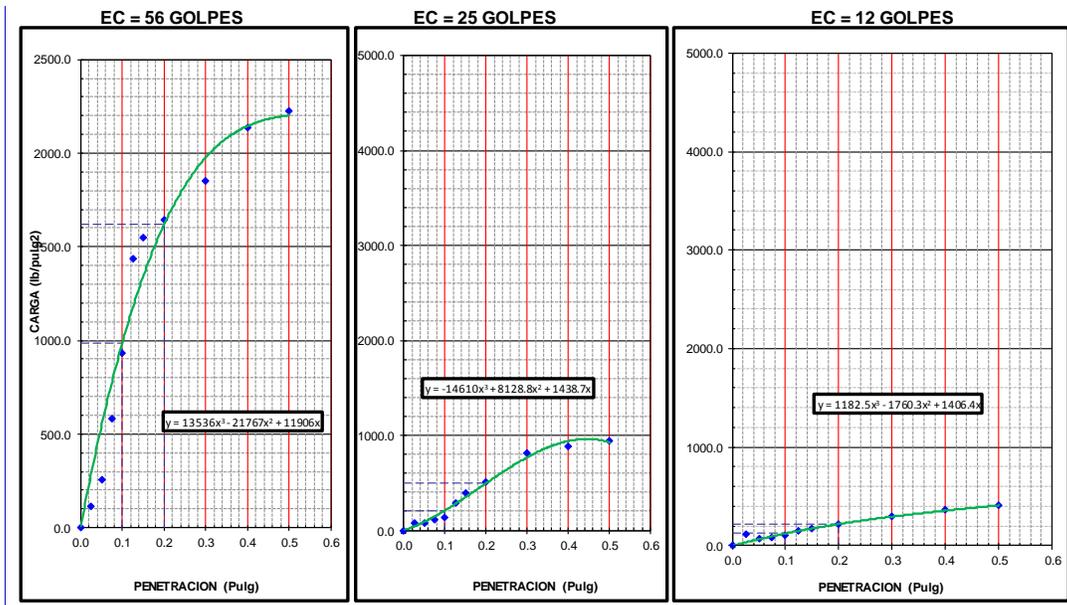


Figura 80 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

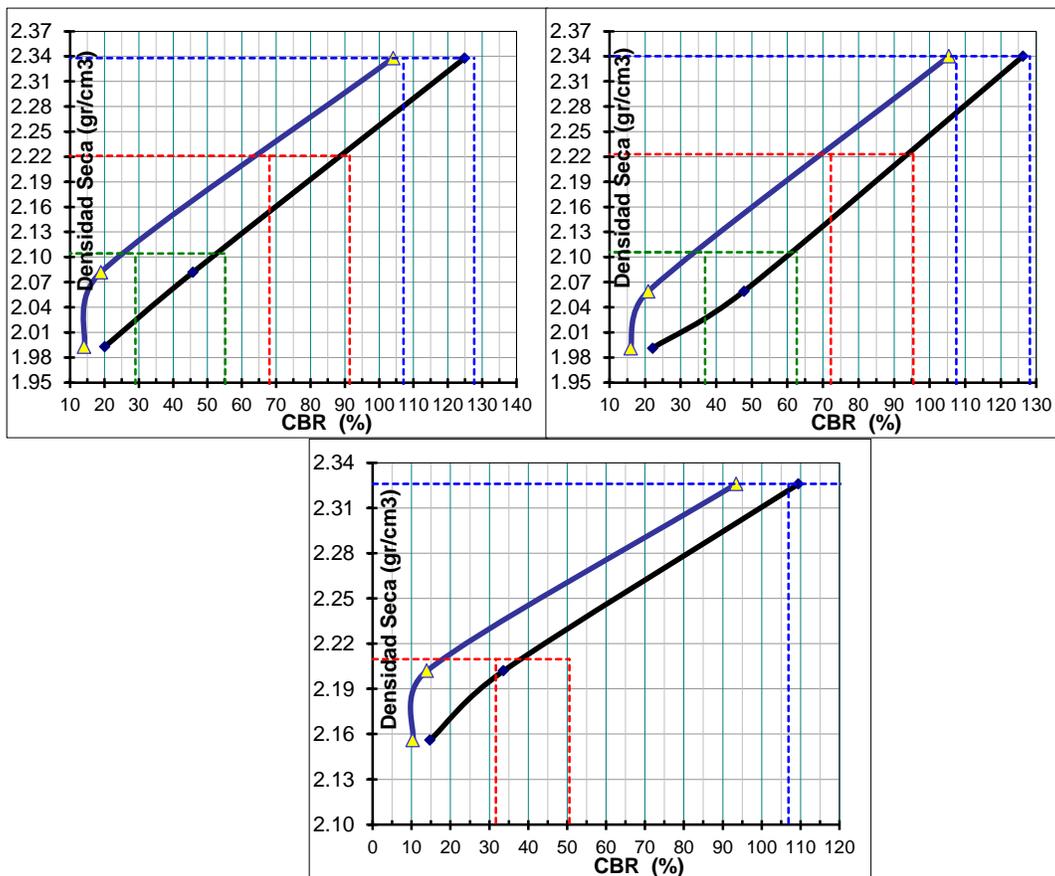


Figura 81 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 116 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo.

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	107.1	127.7	107.5	128.2	106.9	122.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	68.1	91.5	72.2	95.4	31.7	50.6

4.5.4. Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.25

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 117 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12969	12644	12247
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5192	4849	4566
Volumen de la matriz	(cm ³)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.489	2.325	2.189
Humedad	(%)	6.15	6.44	6.57
Densidad seca	(g/cm³)	2.345	2.184	2.054
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	325.10	314.30	321.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	309.20	298.80	304.70

Peso del Agua	(gr)	15.90	15.50	16.80
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	258.70	240.70	255.60
Humedad	(%)	6.15	6.44	6.57

Tabla 118 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12970	12631	12231
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5193	4836	4550
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.489	2.318	2.181
Humedad	(%)	6.16	6.45	6.43
Densidad seca	(g/cm3)	2.345	2.178	2.049
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	345.20	378.30	348.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	328.10	358.90	330.80
Peso del Agua	(gr)	17.10	19.40	18.10
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	277.60	300.80	281.70
Humedad	(%)	6.16	6.45	6.43

Tabla 119 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12953	12632	12231
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5176	4837	4550
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.481	2.319	2.181
Humedad	(%)	5.89	6.19	5.90
Densidad seca	(g/cm3)	2.343	2.184	2.059
Numero de Recipiente		1	3	3

Recipiente + Suelo mojado	(gr)	314.90	378.90	361.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.20	360.20	344.10
Peso del Agua	(gr)	14.70	18.70	17.40
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	249.70	302.10	295.00
Humedad	(%)	5.89	6.19	5.90

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 120 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION			CARGA		CORRECCION		
		pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²		lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²		kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	
0.000		0	0.0			0	0.0					0	0.0			
0.025		0.64	97.4			0.64	106.3					0.64	44.1			
0.050		1.27	197.3			1.27	201.2					1.27	92.9			
0.075		1.91	294.7			1.91	325.1					1.91	127.6			
0.100	1000.0	2.54	1059.90	1059.90	106.0	2.54	397.6	397.60	39.8			2.54	150.3	150.30	15.0	
0.125		3.18	1610.4			3.18	428.3					3.18	210.8			
0.150		3.81	1825.3			3.81	547.6					3.81	256.2			
0.200	1500.0	5.08	1962.2	1962.20	130.8	5.08	798.3	798.30	53.2			5.08	316.8	316.80	21.1	
0.300		7.62	2256.0			7.62	1124.3					7.62	432.6			
0.400		10.16	2678.6			10.16	1268.4					10.16	555.3			
0.500		13	2786.2			13	1387.6					13	597.2			

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

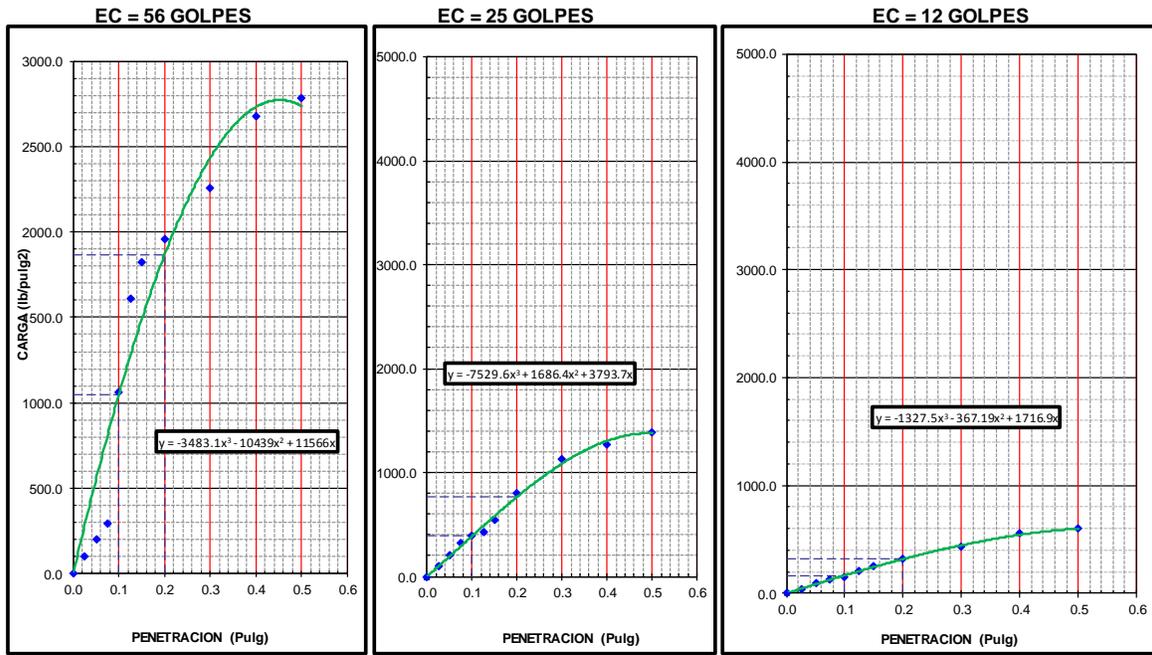


Figura 82 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

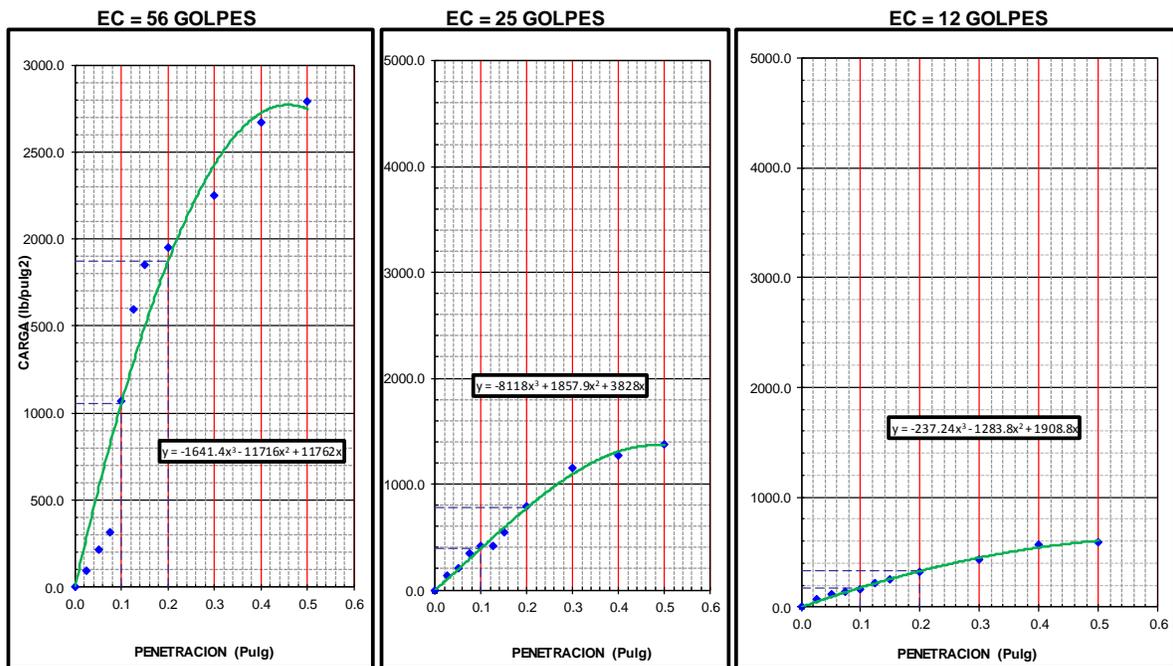


Figura 83 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

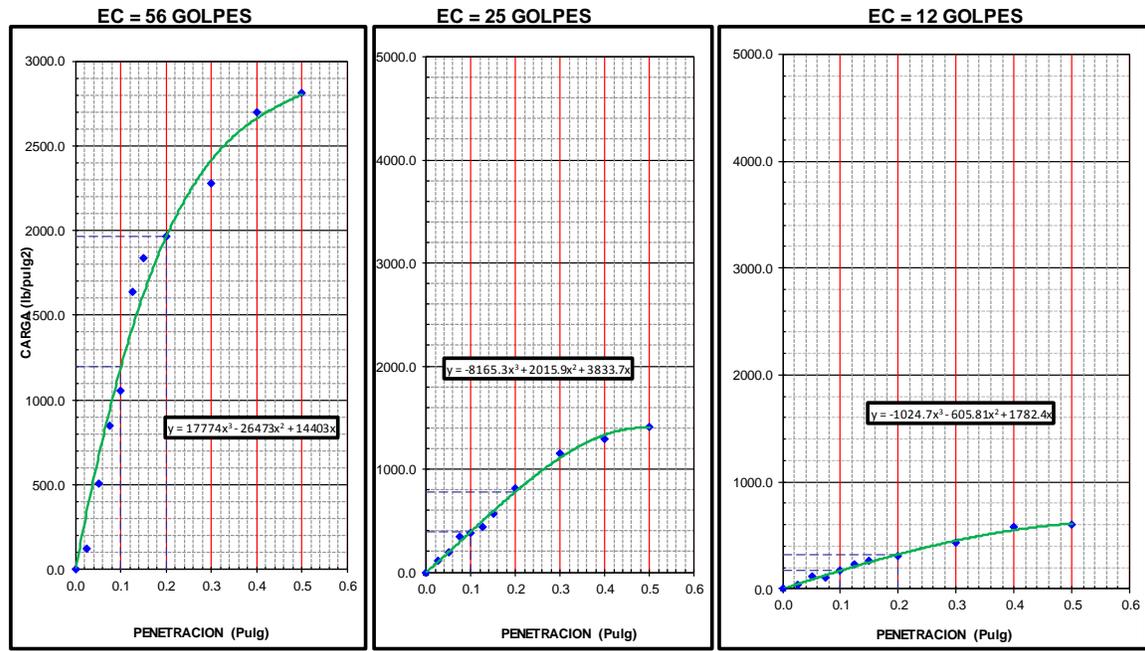


Figura 84 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

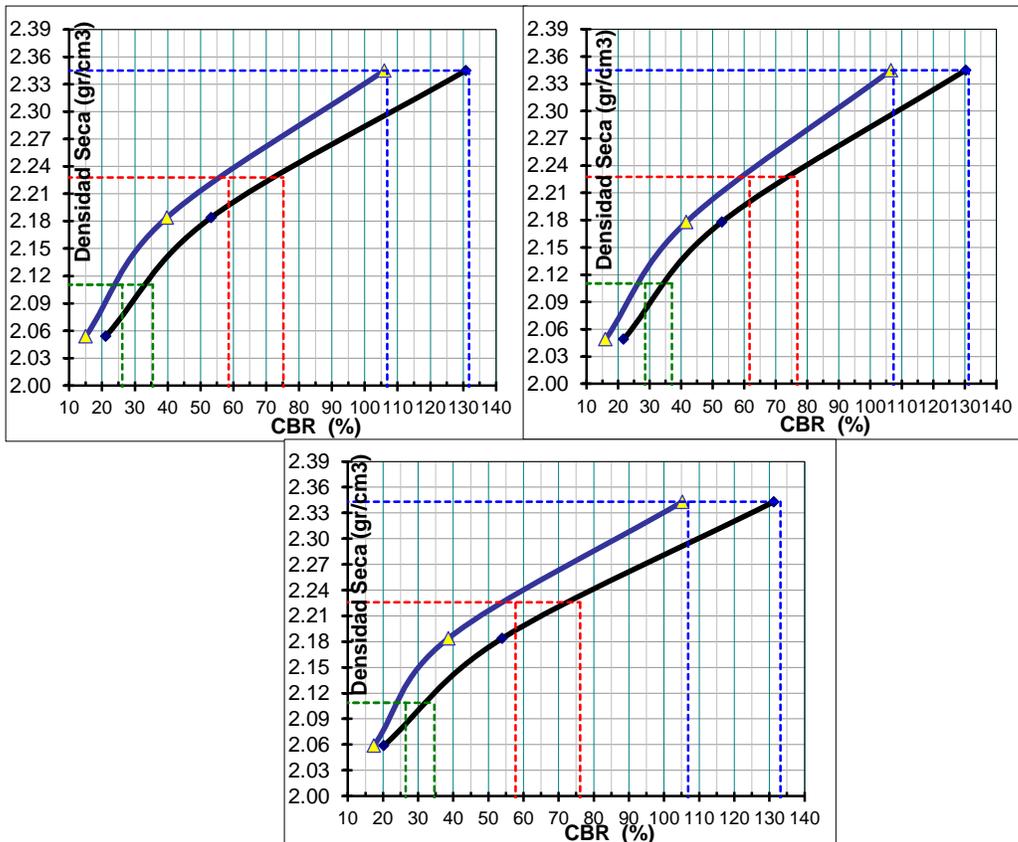


Figura 85 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 123 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	106.8	131.8	107.4	131.2	106.9	133.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	58.5	75.2	61.7	76.8	57.7	76.1

4.5.5. Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.25

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 124 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13045	12786	12645
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5212	5038	4715
Volumen de la matriz	(cm ³)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.450	2.384	2.225
Humedad	(%)	4.68	4.89	4.28
Densidad seca	(g/cm³)	2.340	2.273	2.134
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	325.50	248.90	341.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	313.20	240.00	329.60
Peso del Agua	(gr)	12.30	8.90	12.00
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10

Peso del suelo evaporado	(gr)	262.70	181.90	280.50
Humedad	(%)	4.68	4.89	4.28

Tabla 125 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13099	12804	12598
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5266	5056	4668
Volumen de la matriz	(cm ³)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.476	2.393	2.203
Humedad	(%)	5.50	5.76	6.25
Densidad seca	(g/cm³)	2.347	2.263	2.073
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	232.60	324.50	270.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	223.10	310.00	257.00
Peso del Agua	(gr)	9.50	14.50	13.00
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	172.60	251.90	207.90
Humedad	(%)	5.50	5.76	6.25

Tabla 126 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13055	12705	12648
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5222	4957	4718
Volumen de la matriz	(cm ³)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.455	2.346	2.227
Humedad	(%)	4.83	4.61	4.74
Densidad seca	(g/cm³)	2.342	2.243	2.126
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	354.50	375.50	358.20
Recipiente + Suelo	(gr)	340.50	361.50	344.20

evaporado				
Peso del Agua	(gr)	14.00	14.00	14.00
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	290.00	303.40	295.10
Humedad	(%)	4.83	4.61	4.74

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 127 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	154.0			0.64	92.3			0.64	33.1		
0.050		1.27	230.3			1.27	214.3			1.27	99.9		
0.075		1.91	584.6			1.91	283.2			1.91	133.6		
0.100	1000.0	2.54	979.9	979.9 0	98.0 0	2.54	313.2	313.20	31.3	2.54	172.3	172.3 0	17.2
0.125		3.18	1497.4			3.18	402.2			3.18	85.8		
0.150		3.81	1665.3			3.81	429.6			3.81	103.2		
0.200	1500.0	5.08	1826.2	1826.20	121.7	5.08	593.3	593.30	39.6	5.08	287.0	287.0 0	19.1
0.300		7.62	2039.0			7.62	934.3			7.62	301.6		
0.400		10.16	2451.6			10.16	1041.4			10.16	319.3		
0.500		13	2591.2			13	1229.6			13	368.2		

Tabla 128 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	143.1			0.64	98.2			0.64	50.1		
0.050		1.27	241.3			1.27	220.4			1.27	114.8		
0.075		1.91	548.9			1.91	297.2			1.91	121.6		
0.100	1000.0	2.54	1055.0	1055.00	105.5	2.54	310.1	310.10	31.0	2.54	164.4	164.40	16.4
0.125		3.18	1487.4			3.18	419.2			3.18	75.8		
0.150		3.81	1664.3			3.81	428.6			3.81	109.2		
0.200	1500.0	5.08	1814.4	1814.40	121.0	5.08	610.3	610.30	40.7	5.08	297.1	297.10	19.8
0.300		7.62	2025.0			7.62	942.3			7.62	287.6		
0.400		10.16	2454.5			10.16	1031.4			10.16	312.3		
0.500		13	2585.3			13	1216.7			13	362.4		

Tabla 129 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	pulg	lb/pulg ²	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	lb/pulg ²	lb/pulg ²
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	154.2			0.64	108.5			0.64	54.5		
0.050		1.27	203.3			1.27	194.3			1.27	99.9		
0.075		1.91	742.3			1.91	284.2			1.91	143.1		
0.100	1000.0	2.54	1018.0	1018.00	101.8	2.54	325.7	325.70	32.6	2.54	149.3	149.30	14.9
0.125		3.18	1500.4			3.18	401.2			3.18	63.2		
0.150		3.81	1664.3			3.81	436.6			3.81	82.2		
0.200	1500.0	5.08	1801.3	1801.30	120.1	5.08	571.3	571.30	38.1	5.08	284.7	284.70	19.0
0.300		7.62	2046.0			7.62	911.3			7.62	306.6		
0.400		10.16	2467.7			10.16	1036.4			10.16	308.3		
0.500		13	3603.2			13	1242.9			13	355.2		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

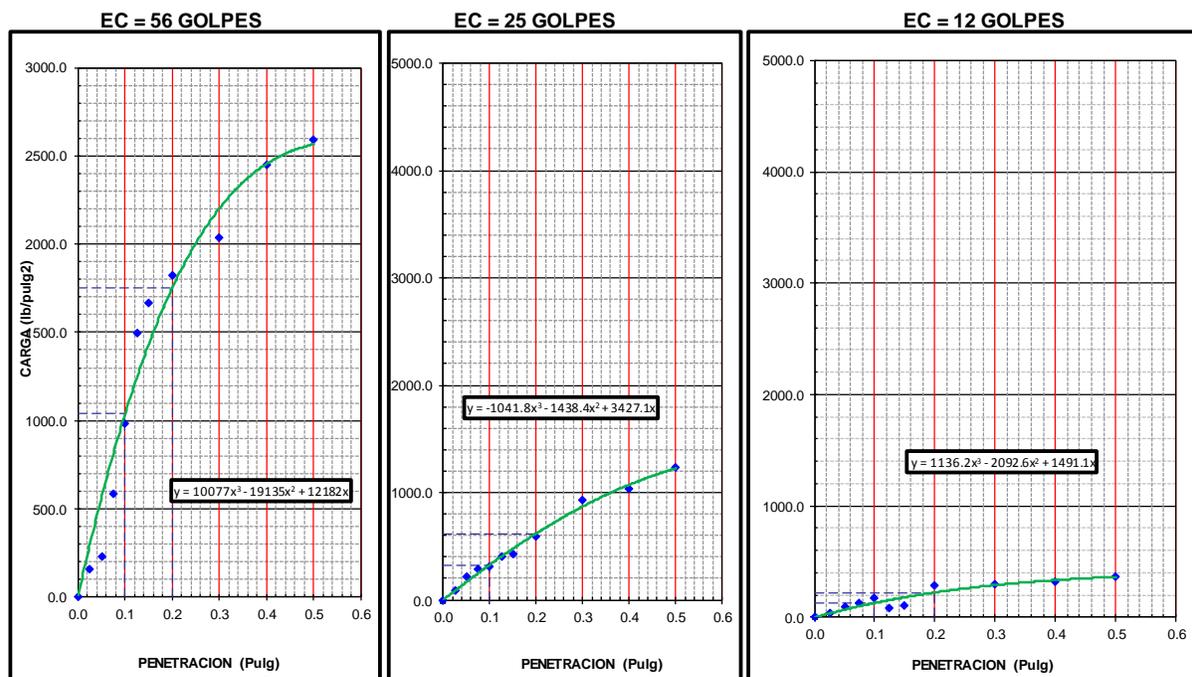


Figura 86 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

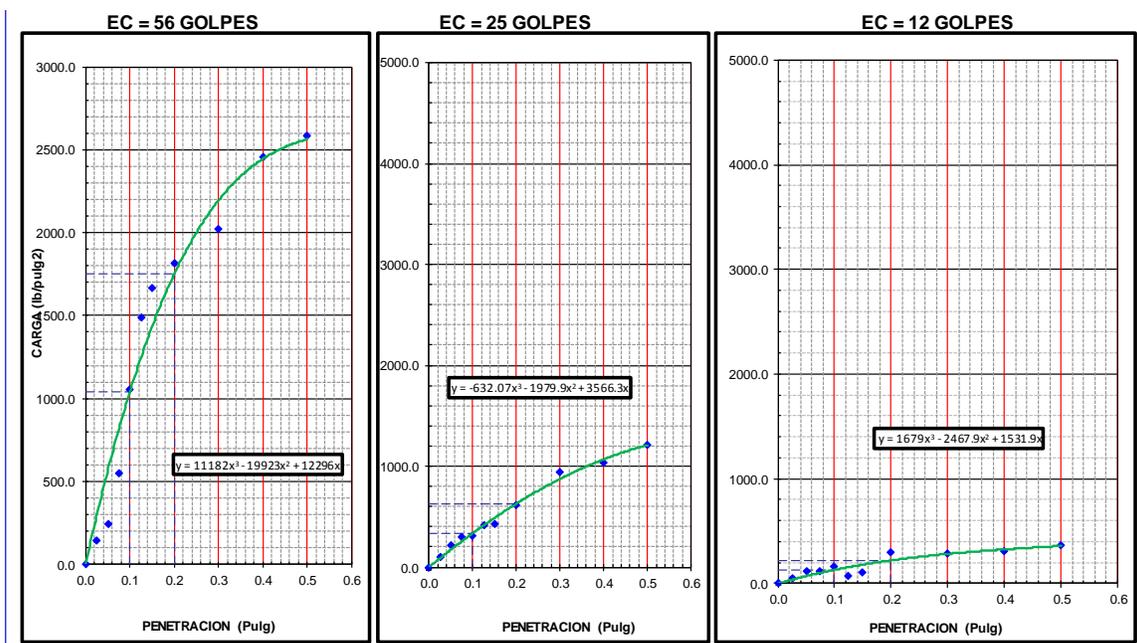


Figura 87 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

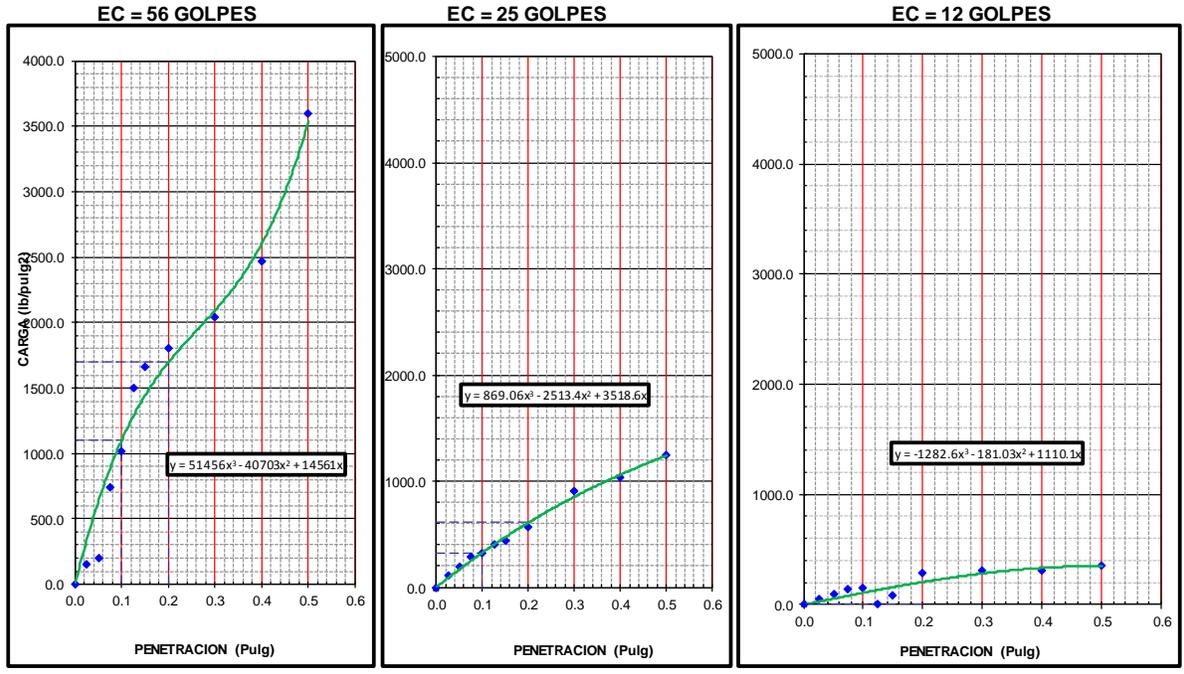


Figura 88 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

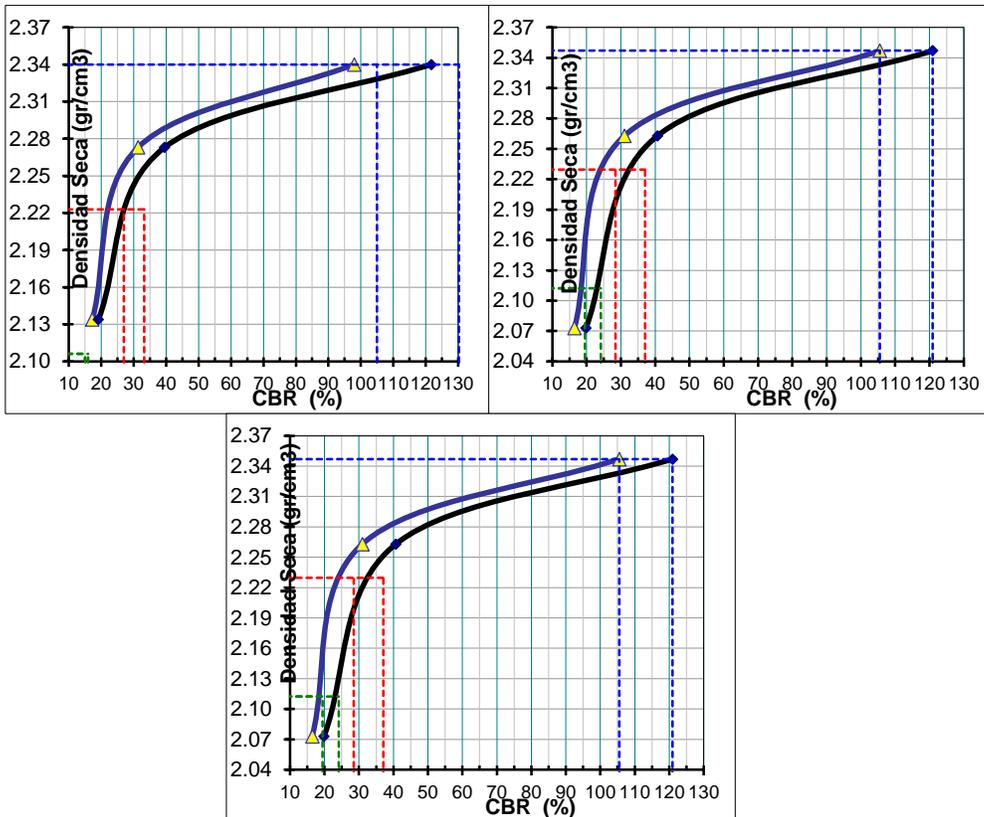


Figura 89 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Podemos observar que los datos para 0.1 pulgadas de penetración y al 100% de la máxima densidad seca son mayores a 80% por lo cual podemos concluir que cumple con el requisito del Ministerio de Transportes y Comunicaciones para bases granulares.

Tabla 130 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	105.0	130.3	105.5	121.0	105.3	124.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	26.9	33.2	28.5	37.0	30.6	35.9

4.6. Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2.5

Para realizar el ensayo de CBR se realizó con el promedio de los tres ensayos de proctor del material en estado natural, se tomó en cuenta 2.347 de Máxima densidad seca y 5.32 % de optimo contenido de humedad.

Se utilizó 6 kg de muestra del cual se tomó 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5 % para obtener el peso en cemento, obtenido el peso de cemento a través de la relación A/C se obtiene la cantidad de agua necesaria en peso. En la siguiente tabla se muestra los pesos obtenidos de cemento y agua.

Tabla 131 Pesos agua cemento A/C = 2.5

Peso muestra	%	a/c=	2.5
		Peso cemento	Peso agua
6.00	0.5	30	75.00
6.00	0.75	45	112.50
6.00	1	60	150.00
6.00	1.25	75	187.50
6.00	1.5	90	225.00

Relación CBR del material de base granular necesita cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 132 Requisitos de base granular

Requisitos de calidad para base granular			
Índice plasticidad	2min%	mtc e 111	
CBR	80min%	mtc e 132	ejes equivalentes <10000000
CBR	100min%	mtc e 133	ejes equivalentes >10000000

Fuente: MTC especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

4.6.1. Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.5

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 133 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12935	12892	12534
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5158	5097	4853
Volumen de la matriz	(cm ³)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.473	2.443	2.326
Humedad	(%)	5.50	6.40	5.40
Densidad seca	(g/cm³)	2.344	2.296	2.207
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	342.20	315.60	326.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	327.00	300.00	312.50
Peso del Agua	(gr)	15.20	15.60	14.10
Peso del Recipiente	(gr)	50.60	56.30	51.30
Peso del suelo evaporado	(gr)	276.40	243.70	261.20
Humedad	(%)	5.50	6.40	5.40

Tabla 134 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO

Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12907	12845	12512
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5130	5050	4831
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.459	2.421	2.316
Humedad	(%)	4.86	4.62	4.46
Densidad seca	(g/cm3)	2.345	2.314	2.217
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	352.60	325.60	250.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	338.60	313.70	241.80
Peso del Agua	(gr)	14.00	11.90	8.50
Peso del Recipiente	(gr)	50.60	56.30	51.30
Peso del suelo evaporado	(gr)	288.00	257.40	190.50
Humedad	(%)	4.86	4.62	4.46

Tabla 135 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	12890	12701	12543
Peso de matriz	(gr)	7777	7795	7681
Peso del suelo mojado	(gr)	5113	4906	4862
Volumen de la matriz	(cm3)	2086	2086	2086
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.451	2.352	2.331
Humedad	(%)	4.42	4.70	4.63
Densidad seca	(g/cm3)	2.347	2.246	2.228
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	546.30	514.90	568.70
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	525.30	494.30	545.80
Peso del Agua	(gr)	21.00	20.60	22.90
Peso del Recipiente	(gr)	50.60	56.30	51.30
Peso del suelo evaporado	(gr)	474.70	438.00	494.50
Humedad	(%)	4.42	4.70	4.63

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 136 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		%	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON			
	pulg	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2		Dial (div)	lb/pul g2	kg/cm 2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%		
0.000		0	0.0				0	0.0			0	0.0				
0.025		0.64	125.9				0.64	37.0			0.64	64.8				
0.050		1.27	354.8				1.27	55.1			1.27	145.6				
0.075		1.91	541.3				1.91	77.1			1.91	174.0				
0.100	1000.0	2.54	900.0	900.0	90.0		2.54	153.7	153.7	15.4	2.54	230.1	230.1	23.0		
0.125		3.18	1492.6				3.18	189.7			3.18	268.2				
0.150		3.81	1569.3				3.81	301.2			3.81	311.6				
0.200	1500.0	5.08	1767.6	1767.60	117.8		5.08	517.3	517.3	34.5	5.08	427.5	427.5	28.5		
0.300		7.62	2137.2				7.62	802.1			7.62	566.6				
0.400		10.16	2479.6				10.16	1226.5			10.16	696.0				
0.500		13	2796.3				13	1614.5			13	828.9				

Tabla 137 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		%	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON			
	pulg	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2		Dial (div)	lb/pul g2	kg/cm 2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%		
0.000		0	0.0				0	0.0			0	0.0				
0.025		0.64	125.9				0.64	23.1			0.64	67.8				
0.050		1.27	354.5				1.27	40.1			1.27	157.7				
0.075		1.91	458.5				1.91	85.1			1.91	160.0				

0.100	1000.0	2.54	900.0	900.0 0	90. 0	2.54	138.6	138.6 0	13. 9	2.54	234.2	234.2 0	23.4
0.125		3.18	1495. 6			3.18	188.7			3.18	269.2		
0.150		3.81	1556. 3			3.81	296.2			3.81	309.6		
0.200	1500.0	5.08	1780. 6	1780. 60	118 .7	5.08	501.4	501.4 0	33. 4	5.08	430.5	430.5 4	28.7
0.300		7.62	2125. 1			7.62	809.1			7.62	558.2		
0.400		10.16	2165. 6			10.16	1228. 1			10.16	689.0		
0.500		13	2782. 7			13	1606. 5			13	818.9		

Tabla 138 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDI DAD DE PENETRAC ION	CAR GA STAN D.	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
		CARGA		CORRECCI ON		%	CARGA		CORRECCI ON		%	CARGA		CORRECCI ON		
		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2		Dial (div)	lb/pul g2	kg/cm 2	kg/cm 2		Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2	lb/pul g2
0.000		0	0.0				0	0.0				0	0.0			
0.025		0.64	80.3				0.64	31.6				0.64	69.1			
0.050		1.27	182.3				1.27	70.1				1.27	141.1			
0.075		1.91	265.6				1.91	87.1				1.91	187.0			
0.100	1000.0	2.54	950.0	950.0 0	95. 0		2.54	159.0	159.0 0	15. 9		2.54	217.1	217.1 4	21.7	
0.125		3.18	1478. 6				3.18	208.7				3.18	273.2			
0.150		3.81	1571. 3				3.81	300.2				3.81	315.6			
0.200	1500.0	5.08	1826. 1	1826. 10	121 .7		5.08	508.6	508.6 0	33. 9		5.08	439.2	439.2 0	29.3	
0.300		7.62	2147. 2				7.62	819.1				7.62	584.6			
0.400		10.16	2478. 6				10.16	1229. 5				10.16	719.1			
0.500		13	2803. 5				13	1600. 5				13	831.9			

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

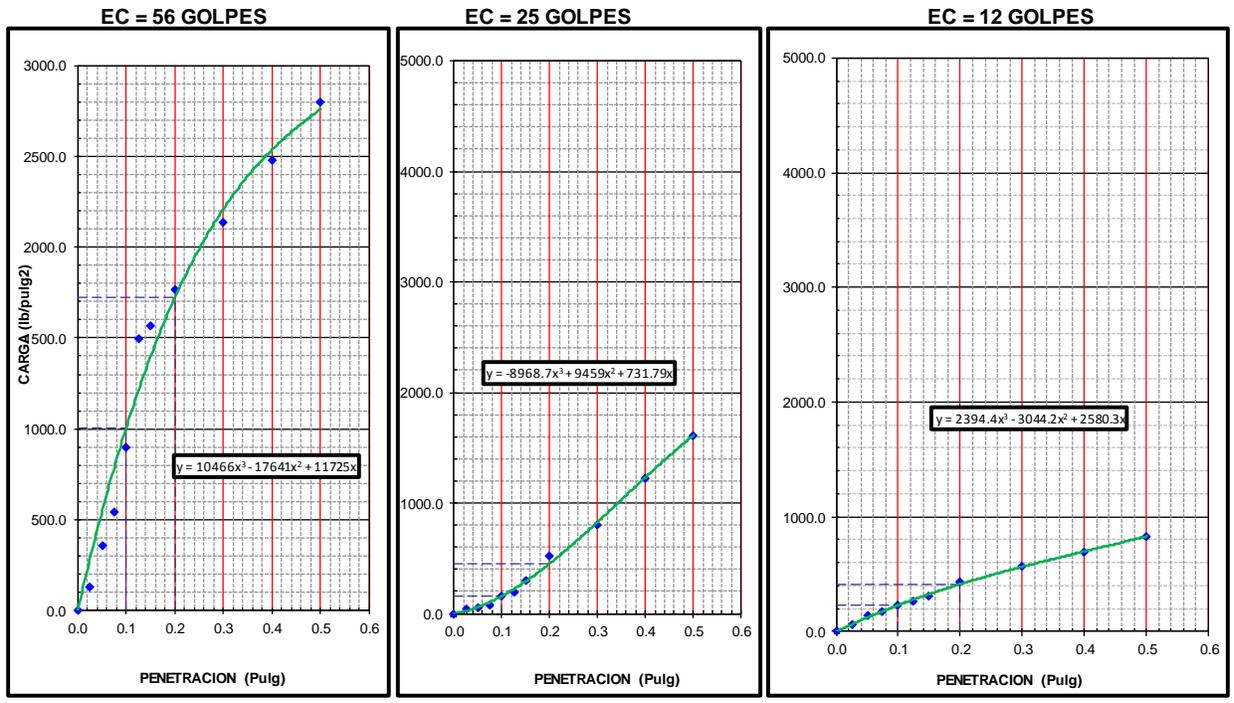


Figura 90 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

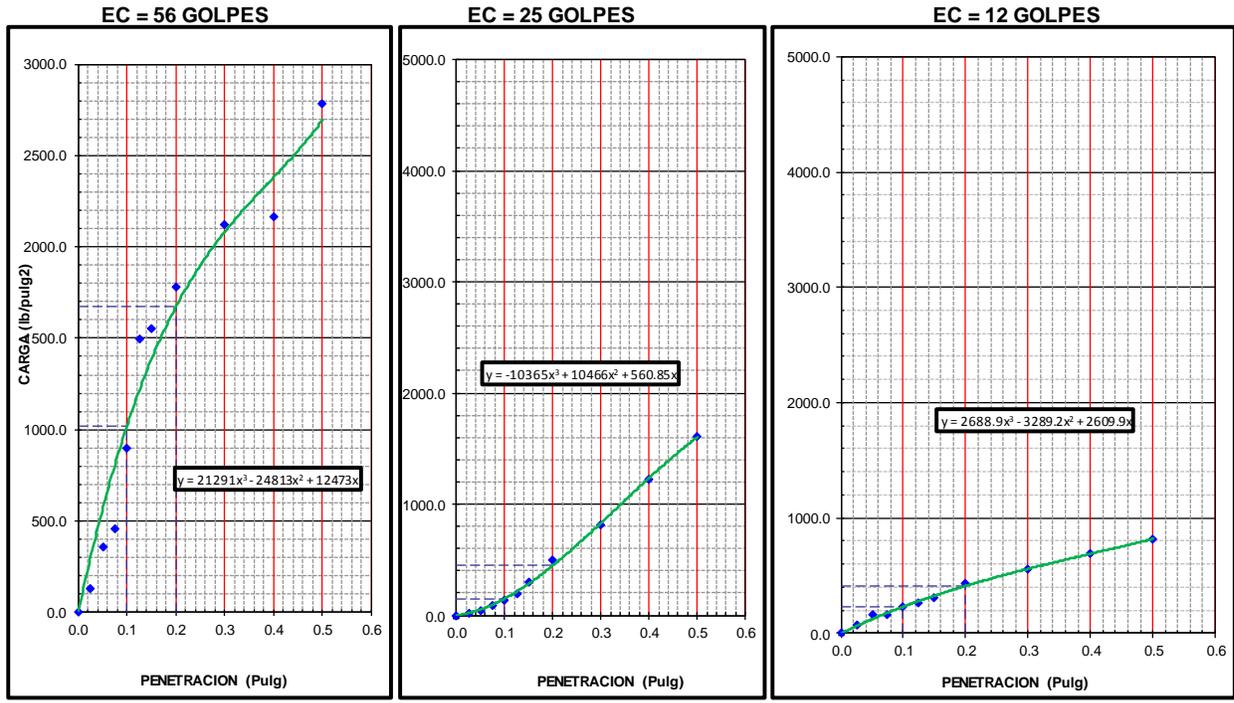


Figura 91 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

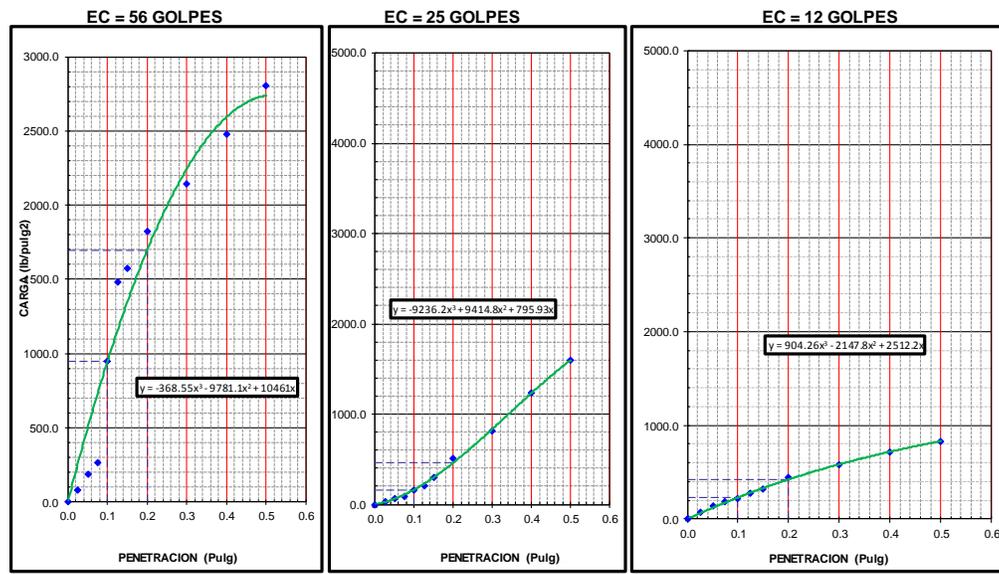


Figura 92 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

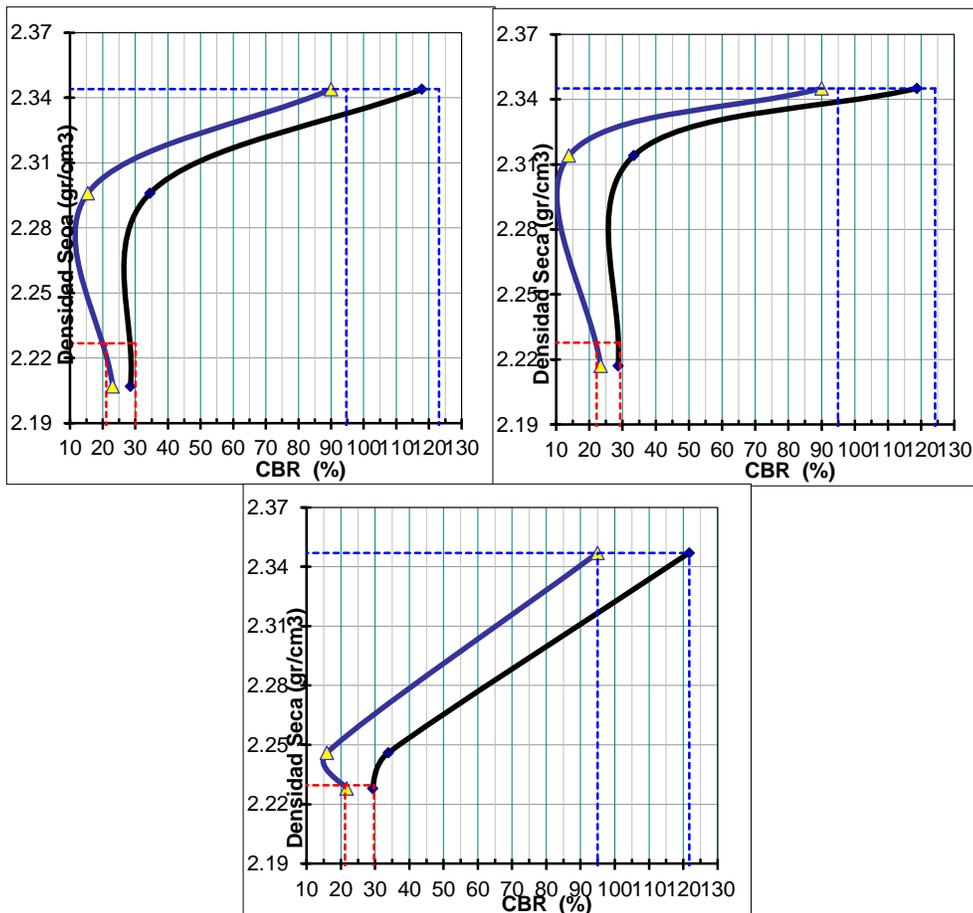


Figura 93 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 139 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	94.7	123.0	94.9	124.2	95.0	121.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	21.1	30.0	22.2	29.3	21.2	29.7

4.6.2. Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.5

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 140 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13045	12785	12458
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5212	5037	4528
Volumen de la matriz	(cm ³)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.450	2.384	2.137
Humedad	(%)	4.67	4.87	5.01
Densidad seca	(g/cm³)	2.341	2.273	2.035
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	238.60	234.60	298.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	230.20	226.40	286.40
Peso del Agua	(gr)	8.40	8.20	11.90
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	179.70	168.30	237.30
Humedad	(%)	4.67	4.87	5.01

Tabla 141 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13099	12724	12595
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5266	4976	4665
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.476	2.355	2.202
Humedad	(%)	6.34	5.69	5.62
Densidad seca	(g/cm3)	2.328	2.228	2.085
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	278.60	325.60	345.80
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	265.00	311.20	330.00
Peso del Agua	(gr)	13.60	14.40	15.80
Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	214.50	253.10	280.90
Humedad	(%)	6.34	5.69	5.62

Tabla 142 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13095	12748	12500
Peso de matriz	(gr)	7833	7748	7930
Peso del suelo mojado	(gr)	5262	5000	4570
Volumen de la matriz	(cm3)	2127	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.474	2.366	2.157
Humedad	(%)	5.53	5.54	5.44
Densidad seca	(g/cm3)	2.344	2.242	2.046
Numero de Recipiente		1	3	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	298.60	284.90	314.70
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	285.60	273.00	301.00
Peso del Agua	(gr)	13.00	11.90	13.70

Peso del Recipiente	(gr)	50.50	58.10	49.10
Peso del suelo evaporado	(gr)	235.10	214.90	251.90
Humedad	(%)	5.53	5.54	5.44

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 143 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA A STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		pulg	lb/pulg 2	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	kg/cm2	%	Dial (div)	lb/pulg 2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	120.6			0.64	154.8			0.64	71.5		
0.050		1.27	237.9			1.27	263.2			1.27	121.4		
0.075		1.91	430.9			1.91	425.9			1.91	141.0		
0.100	1000.0	2.54	940.0	940.00	94.0	2.54	585.7	585.70	58.6	2.54	199.8	199.81	20.0
0.125		3.18	980.0			3.18	707.3			3.18	204.3		
0.150		3.81	1000.0			3.81	850.9			3.81	230.4		
0.200	1500.0	5.08	1798.3	1798.30	119.9	5.08	1030.1	1030.08	68.7	5.08	304.8	304.82	20.3
0.300		7.62	1893.0			7.62	1345.4			7.62	371.3		
0.400		10.16	2494.7			10.16	1641.4			10.16	438.9		
0.500		13	2909.1			13	1875.8			13	534.1		

Tabla 144 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA A STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		pulg	lb/pulg 2	Dial (div)	lb/pulg 2	lb/pulg 2	%	Dial (div)	lb/pulg 2	kg/cm2	%	Dial (div)	lb/pulg 2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		

0.025		0.64	214.2			0.64	145.8			0.64	77.3		
0.050		1.27	456.9			1.27	265.1			1.27	110.4		
0.075		1.91	741.9			1.91	413.9			1.91	174.0		
0.100	1000.0	2.54	915.0	915.0	91.5	2.54	586.7	586.7	58.7	2.54	182.4	182.4	18.2
0.125		3.18	999.0			3.18	709.3			3.18	232.3		
0.150		3.81	1542.3			3.81	855.9			3.81	244.4		
0.200	1500.0	5.08	1997.5	1997.50	133.2	5.08	1030.4	1030.40	68.7	5.08	296.1	296.10	19.7
0.300		7.62	2315.8			7.62	1351.4			7.62	381.3		
0.400		10.16	2511.7			10.16	1623.4			10.16	474.9		
0.500		13	2937.2			13	1858.6			13	513.6		

Tabla 145 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STANDARD.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	kg/cm2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	270.2			0.64	119.2			0.64	104.1		
0.050		1.27	399.9			1.27	296.2			1.27	106.4		
0.075		1.91	547.8			1.91	416.9			1.91	146.0		
0.100	1000.0	2.54	961.5	961.5	96.2	2.54	561.9	561.9	56.2	2.54	208.7	208.7	20.9
0.125		3.18	1200.0			3.18	713.3			3.18	236.3		
0.150		3.81	1300.0			3.81	846.9			3.81	242.4		
0.200	1500.0	5.08	1500.0	1500.00	100.0	5.08	1042.1	1042.08	69.5	5.08	295.6	295.60	19.7
0.300		7.62	1887.0			7.62	1338.3			7.62	357.3		
0.400		10.16	2495.1			10.16	1661.4			10.16	469.4		
0.500		13	2941.1			13	1866.2			13	545.1		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

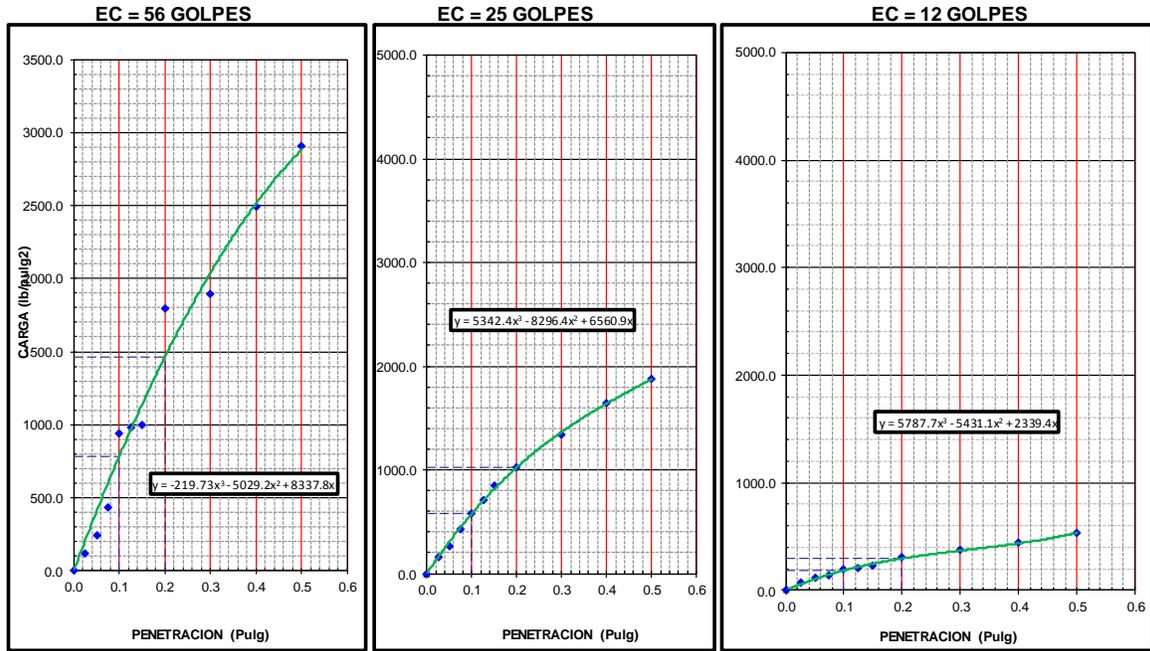


Figura 94 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

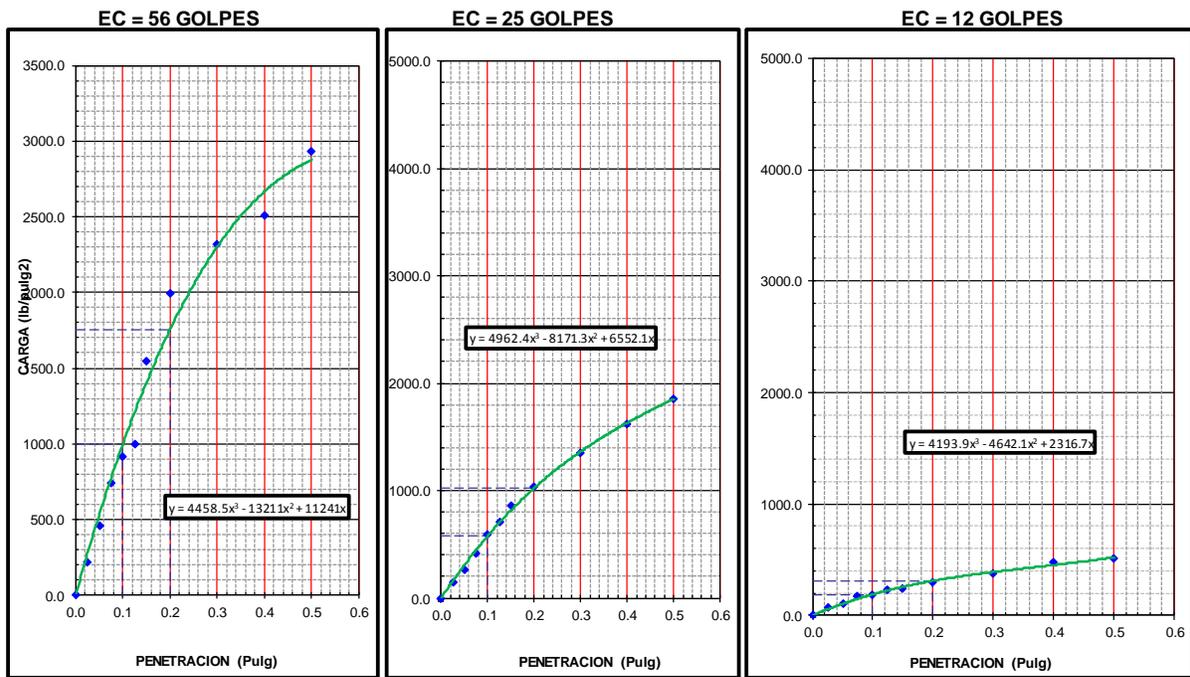


Figura 95 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

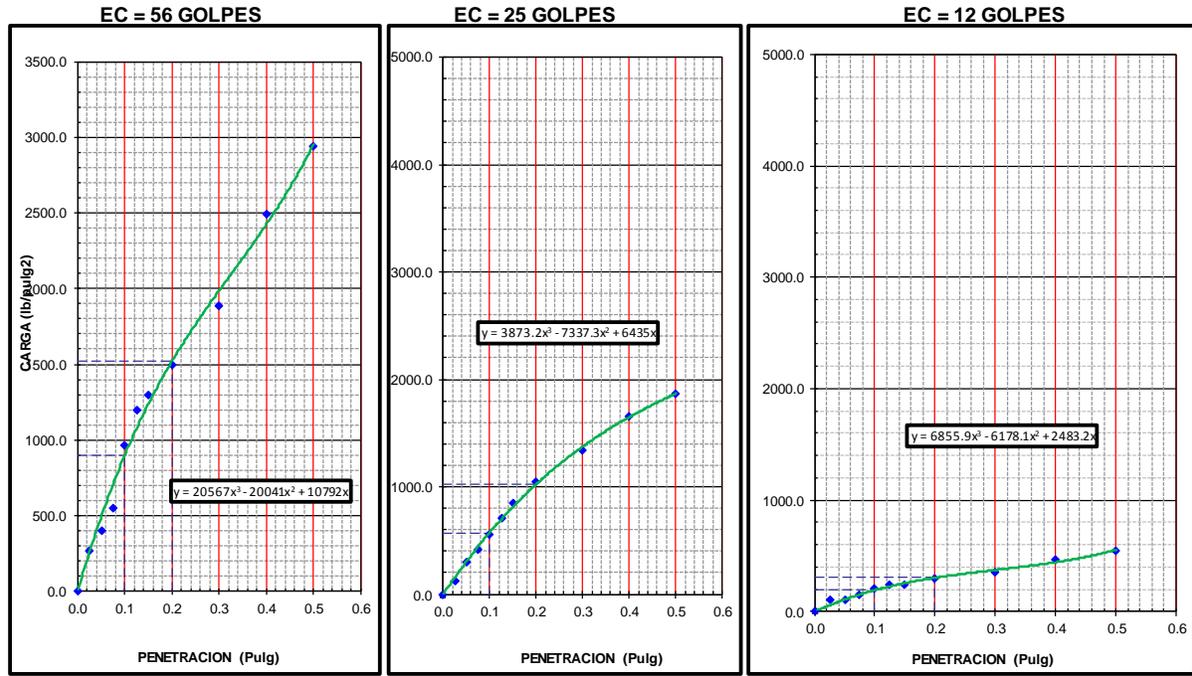


Figura 96 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

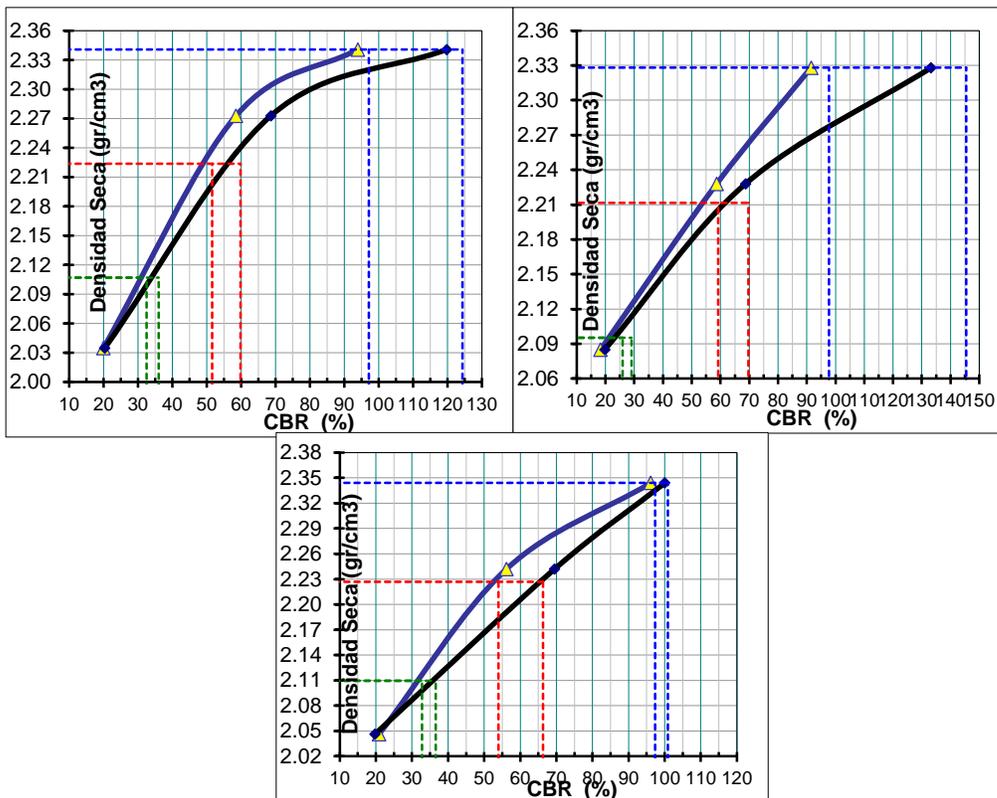


Figura 97 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 146 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	97.1	124.4	97.7	145.4	97.3	100.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	51.5	59.9	59.2	69.8	54.0	66.3

4.6.3. Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.5

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 147 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13095	12789	12721
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5261	5040	4790
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.490	2.385	2.261
Humedad	(%)	6.140	5.810	5.670
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.254	2.140
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	315.30	325.60	341.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.10	310.80	325.70
Peso del Agua	(gr)	15.20	14.80	15.60
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.50	254.60	275.10
Humedad	(%)	6.14	5.81	5.67

Tabla 148 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13012	12784	12714
Peso de matriz	(gr)	7749	7749	7749
Peso del suelo mojado	(gr)	5263	5035	4965
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.491	2.383	2.343
Humedad	(%)	6.120	5.820	5.620
Densidad seca	(g/cm3)	2.347	2.252	2.218
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	316.30	314.30	334.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	301.10	300.10	319.40
Peso del Agua	(gr)	15.20	14.20	15.10
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	248.50	243.90	268.80
Humedad	(%)	6.12	5.82	5.62

Tabla 149 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13010	12779	12720
Peso de matriz	(gr)	7749	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5261	5030	4789
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.490	2.381	2.260
Humedad	(%)	6.180	5.840	5.600
Densidad seca	(g/cm3)	2.345	2.250	2.140
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	317.10	324.60	342.70
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	301.70	309.80	327.20
Peso del Agua	(gr)	15.40	14.80	15.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	249.10	253.60	276.60

Humedad	(%)	6.18	5.84	5.60
----------------	------------	-------------	-------------	-------------

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 150 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	428.4			0.64	130.1			0.64	69.1		
0.050		1.27	659.6			1.27	274.8			1.27	104.3		
0.075		1.91	751.4			1.91	403.3			1.91	138.1		
0.100	1000.0	2.54	1029.4	1029.40	102.9	2.54	494.4	494.43	49.4	2.54	163.8	163.83	16.4
0.125		3.18	1102.3			3.18	606.8			3.18	192.5		
0.150		3.81	1495.6			3.81	695.0			3.81	221.1		
0.200	1500.0	5.08	1795.6	1795.60	119.7	5.08	872.0	872.05	58.1	5.08	273.3	273.30	18.2
0.300		7.62	2713.9			7.62	1143.1			7.62	360.7		
0.400		10.16	3349.3			10.16	1262.2			10.16	448.1		
0.500		13	3861.3			13	1592.0			13	526.8		

Tabla 151 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION							
PROFUNDIDAD DE	CARGA	MOLDE N°	56	MOLDE N°	25	MOLDE N°	12

PENETRACION	STAN D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg ²	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	434.3			0.64	130.1			0.64	71.0		
0.050		1.27	661.2			1.27	280.7			1.27	104.2		
0.075		1.91	753.6			1.91	407.2			1.91	139.3		
0.100	1000.0	2.54	1028.9	1028.90	102.9	2.54	517.8	517.80	51.8	2.54	161.1	161.10	16.1
0.125		3.18	1126.3			3.18	611.6			3.18	194.5		
0.150		3.81	1499.6			3.81	701.0			3.81	224.4		
0.200	1500.0	5.08	1796.6	1796.60	119.8	5.08	873.2	873.20	58.2	5.08	274.6	274.60	18.3
0.300		7.62	2714.8			7.62	1148.0			7.62	364.5		
0.400		10.16	3355.3			10.16	1267.3			10.16	452.1		
0.500		13	3865.7			13	1597.2			13	527.3		

Tabla 152 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION														
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12		
		STAN D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			lb/pulg ²	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	428.3			0.64	130.1			0.64	71.1			
0.050		1.27	661.6			1.27	279.7			1.27	104.2			
0.075		1.91	751.4			1.91	407.2			1.91	138.1			
0.100	1000.0	2.54	1019.3	1019.30	101.9	2.54	496.6	496.60	49.7	2.54	166.9	166.90	16.7	
0.125		3.18	1125.3			3.18	611.8			3.18	192.5			
0.150		3.81	1495.6			3.81	698.1			3.81	225.1			
0.200	1500.0	5.08	1784.6	1784.60	119.0	5.08	874.0	874.05	58.3	5.08	275.9	275.90	18.4	
0.300		7.62	2717.7			7.62	1143.2			7.62	365.7			
0.400		10.16	3352.3			10.16	1262.3			10.16	451.2			
0.500		13	3864.3			13	1592.0			13	528.5			

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

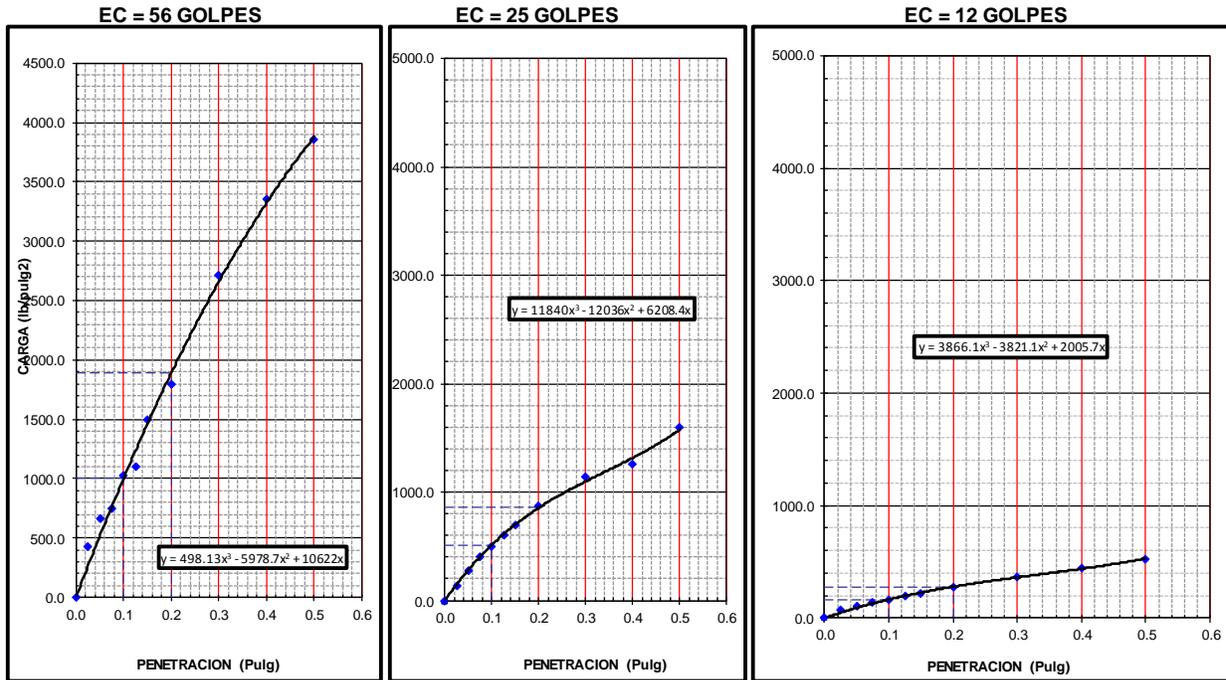


Figura 98 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

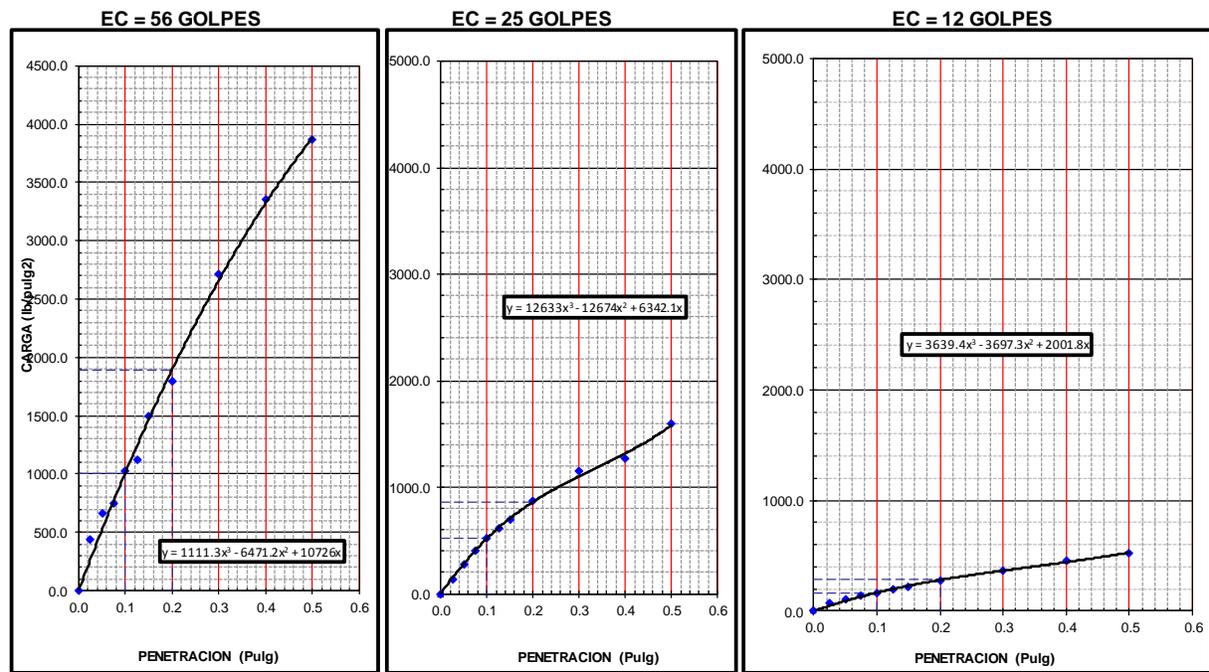


Figura 99 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

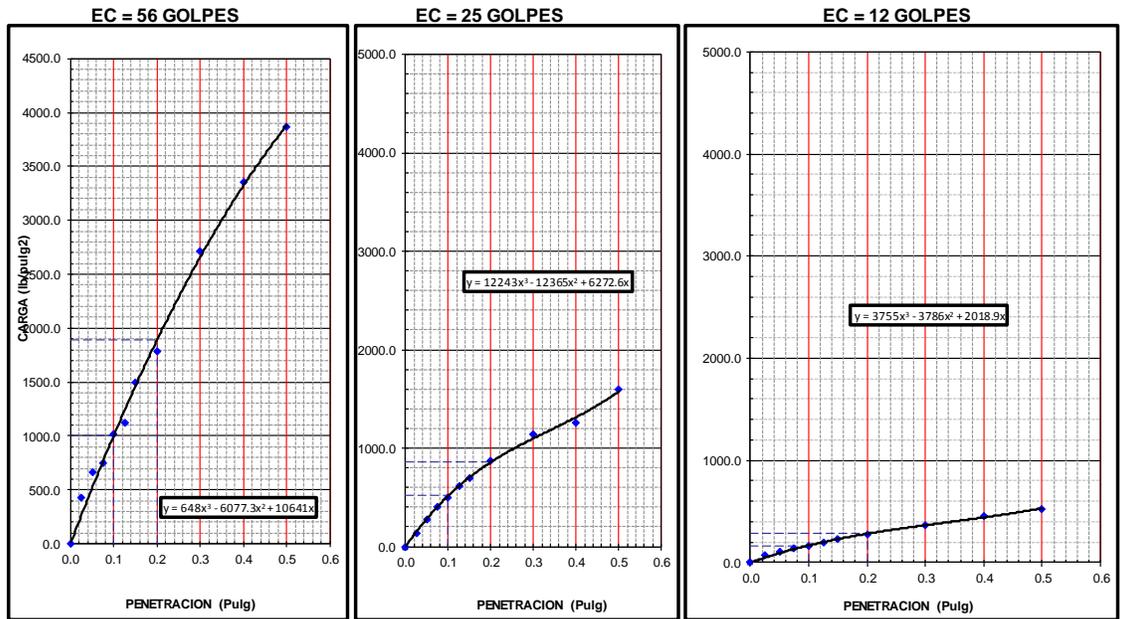


Figura 100 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

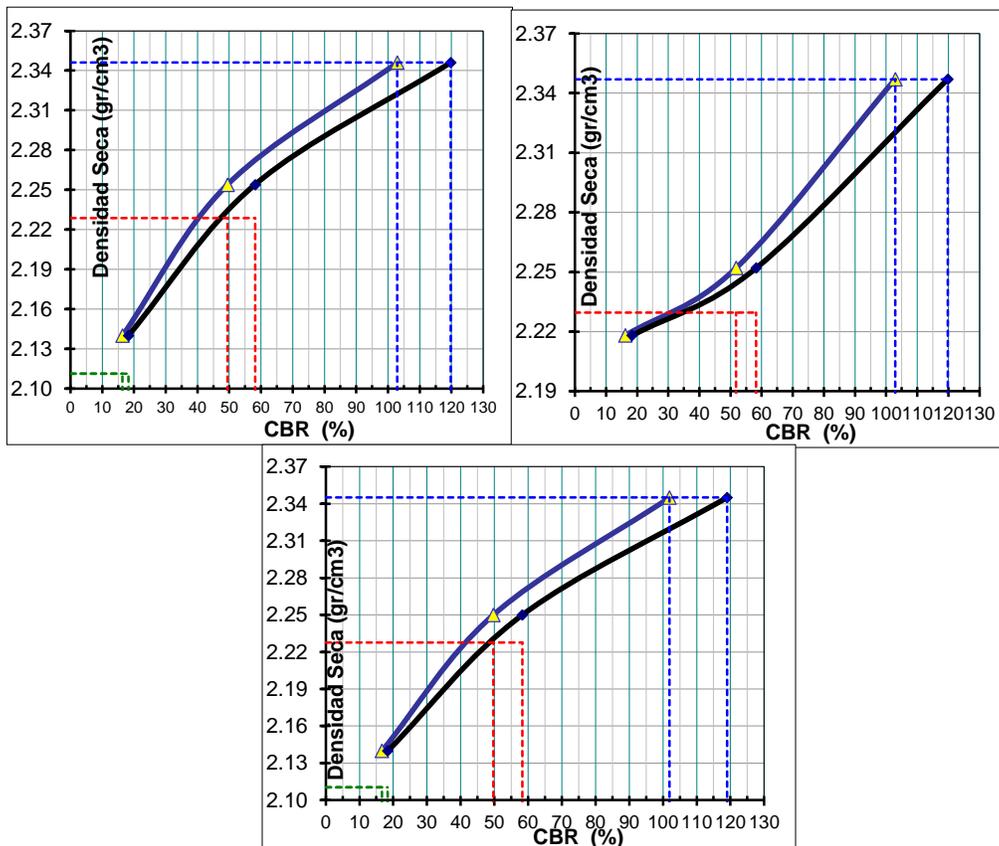


Figura 101 CBR vs densidad – Primer ensayo, segundo y tercer.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 153 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	103.5	120.4	102.9	119.8	103.0	120.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	42.4	49.6	28.3	32.0	43.6	50.9

4.6.4. Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.5

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 154 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13105	12795	12726
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5271	5046	4795
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.495	2.388	2.263
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730
Densidad seca	(g/cm³)	2.341	2.234	2.120
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	316.40	304.60	375.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.10	288.60	355.10
Peso del Agua	(gr)	16.30	16.00	20.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.50	232.40	304.50
Humedad	(%)	6.59	6.88	6.73

Tabla 155 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero	05	07	013
-----------------	-----------	-----------	------------

Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13105	12795	12726
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5271	5046	4795
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.495	2.388	2.263
Humedad	(%)	6.590	6.880	6.730
Densidad seca	(g/cm3)	2.341	2.234	2.120
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	316.40	304.60	375.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.10	288.60	355.10
Peso del Agua	(gr)	16.30	16.00	20.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.50	232.40	304.50
Humedad	(%)	6.59	6.88	6.73

Tabla 156 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13129	12784	12736
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5295	5035	4805
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.506	2.383	2.268
Humedad	(%)	6.950	6.150	6.140
Densidad seca	(g/cm3)	2.343	2.245	2.137
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	257.30	241.00	278.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	244.00	230.30	265.70
Peso del Agua	(gr)	13.30	10.70	13.20
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	191.40	174.10	215.10
Humedad	(%)	6.95	6.15	6.14

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 157 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION				
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%			
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	1045.9	1045.90	104.6	2.54	573.0	573.04	57.3	2.54	193.2	193.22	19.3			
0.125		3.18	1099.9			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					

Tabla 158 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION																
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°				56	MOLDE N°				25	MOLDE N°				12
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION				
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%			

0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	128.5			0.64	169.5			0.64	104.9		
0.050		1.27	291.6			1.27	322.8			1.27	122.2		
0.075		1.91	439.7			1.91	476.8			1.91	177.9		
0.100	1000.0	2.54	1050. 6	1050. 60	105. .1	2.54	579.1	579.0 5	57. 9	2.54	200.2	200.2 0	20.0
0.125		3.18	1154. 3			3.18	711.0			3.18	227.1		
0.150		3.81	1260. 3			3.81	874.4			3.81	294.8		
0.200	1500.0	5.08	2026. 2	2026. 20	135. .1	5.08	1073. 4	1073. 40	71. 6	5.08	328.1	328.1 0	21.9
0.300		7.62	2835. 3			7.62	1406. 1			7.62	397.7		
0.400		10.16	3496. 8			10.16	1688. 9			10.16	504.3		
0.500		13	4010. 7			13	1908. 6			13	575.4		

Tabla 159 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDI DAD DE PENETRAC ION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	152.6			0.64	150.4			0.64	125.0		
0.050		1.27	302.6			1.27	324.8			1.27	133.2		
0.075		1.91	459.7			1.91	469.8			1.91	161.9		
0.100	1000.0	2.54	1049. 0	1049. 00	104. .9	2.54	615.0	615.0 4	61. 5	2.54	219.2	219.2 2	21.9
0.125		3.18	1124. 9			3.18	743.0			3.18	234.1		
0.150		3.81	1302. 3			3.81	844.4			3.81	270.8		
0.200	1500.0	5.08	2043. 3	2043. 30	136. .2	5.08	1076. 0	1076. 00	71. 7	5.08	295.6	295.6 0	19.7
0.300		7.62	2829. 3			7.62	1395. 1			7.62	380.7		
0.400		10.16	3473. 8			10.16	1694. 1			10.16	500.6		
0.500		13	4027. 3			13	1863. 6			13	570.9		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

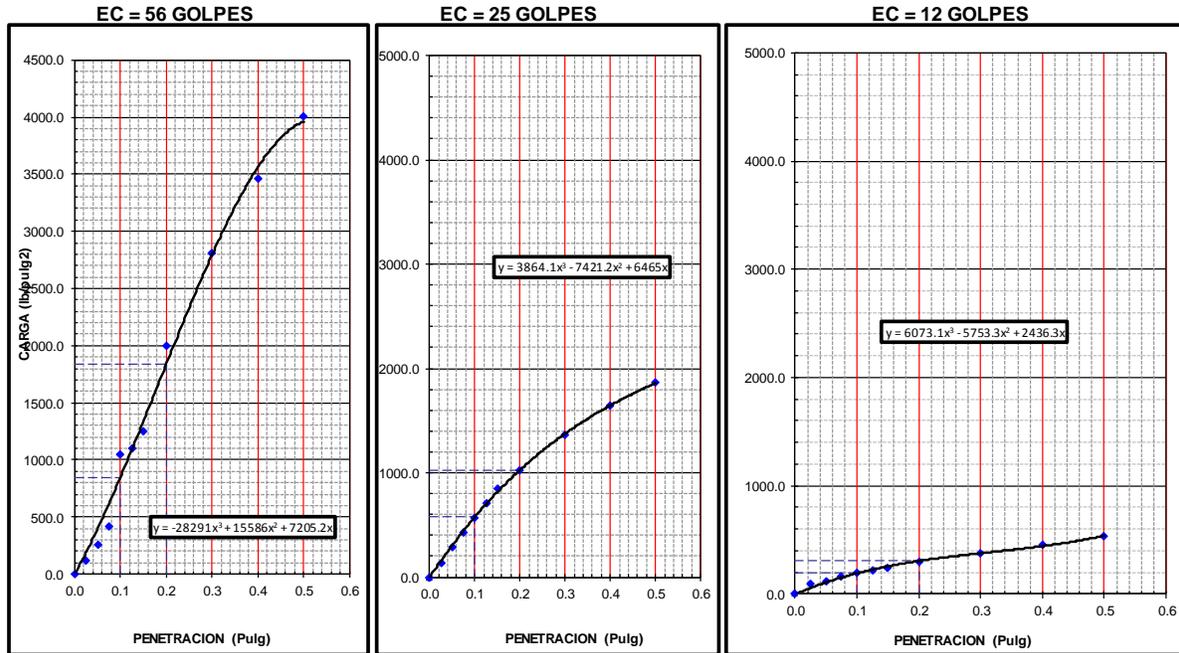


Figura 102 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

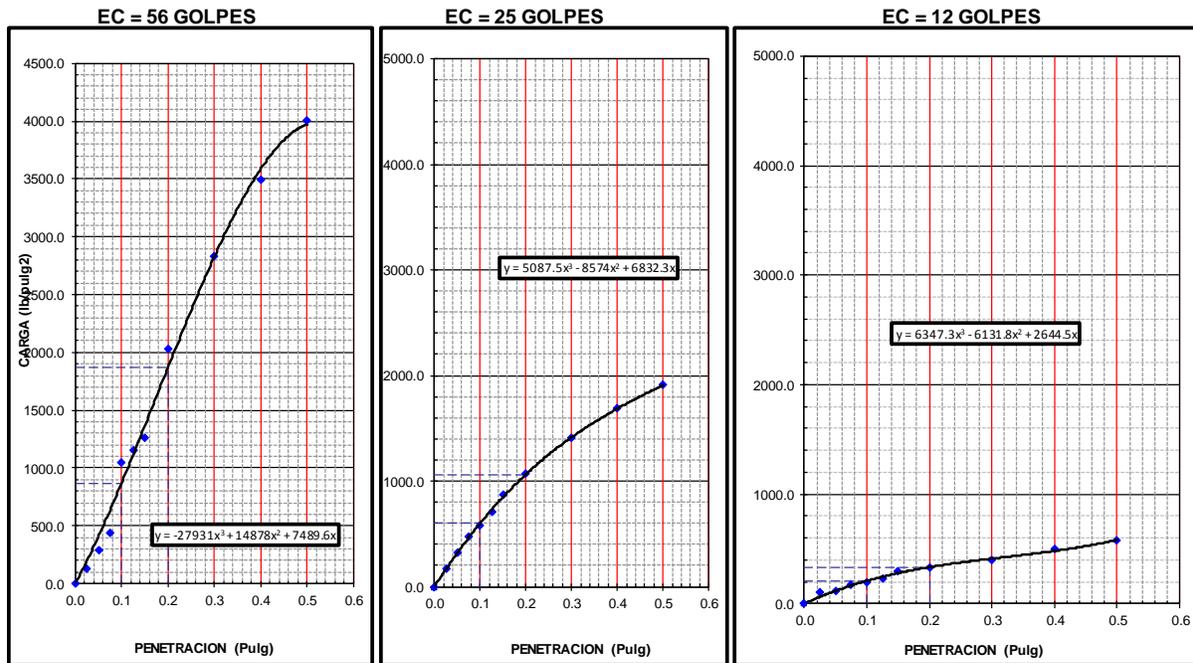


Figura 103 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

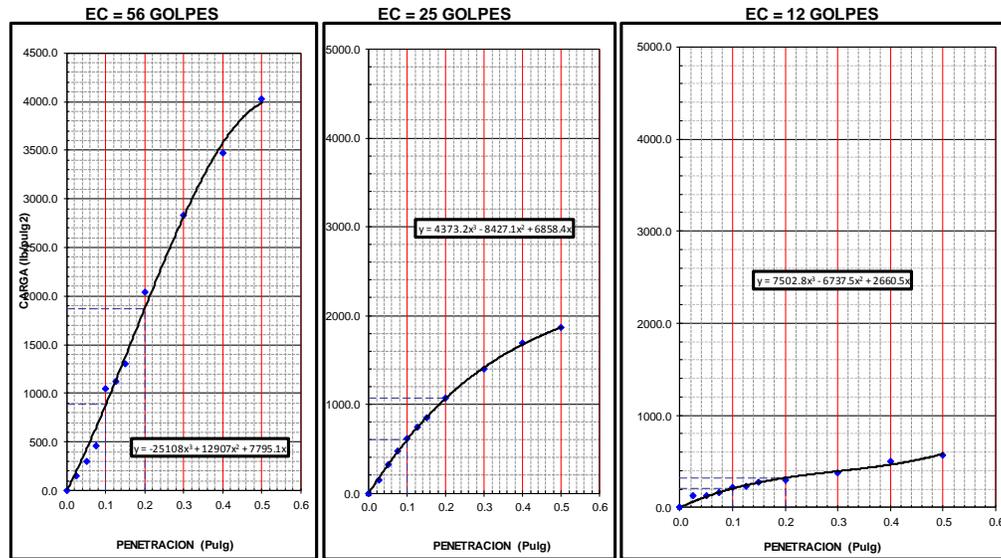


Figura 104 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

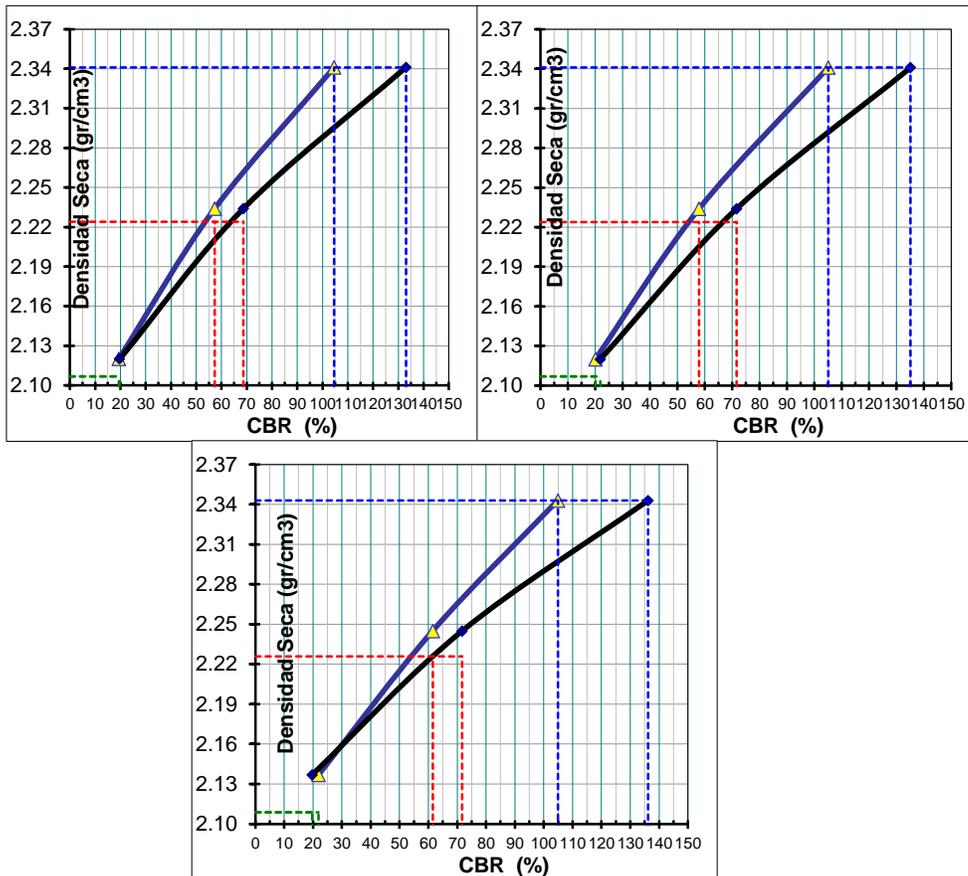


Figura 105 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 160 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	107.2	136.6	107.7	138.6	106.7	138.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	55.9	66.8	56.5	69.7	55.9	64.3

4.6.5. Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.5

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 161 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13090	12812	12734
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5256	5063	4803
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.487	2.396	2.267
Humedad	(%)	6.700	6.240	6.290
Densidad seca	(g/cm³)	2.331	2.255	2.133
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.30	214.60	378.40
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	233.20	205.30	359.00
Peso del Agua	(gr)	12.10	9.30	19.40
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	180.60	149.10	308.40
Humedad	(%)	6.70	6.24	6.29

Tabla 162 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero	05	07	013
Numero de estratos compactados	5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado	56	25	12

Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13095	12821	12724
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5261	5072	4793
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.490	2.400	2.262
Humedad	(%)	6.390	6.370	6.270
Densidad seca	(g/cm3)	2.340	2.256	2.129
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	325.60	345.10	320.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	309.20	327.80	304.10
Peso del Agua	(gr)	16.40	17.30	15.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	256.60	271.60	253.50
Humedad	(%)	6.39	6.37	6.27

Tabla 163 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13120	12829	12724
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5286	5080	4793
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.502	2.404	2.262
Humedad	(%)	6.830	5.970	6.010
Densidad seca	(g/cm3)	2.342	2.269	2.134
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	341.90	387.90	347.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	323.40	369.20	330.20
Peso del Agua	(gr)	18.50	18.70	16.80
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	270.80	313.00	279.60
Humedad	(%)	6.83	5.97	6.01

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 164 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
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	1010.5	1010.50	101.1	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		

Tabla 165 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAND.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
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	574.9			1.27	407.9			1.27	217.4		
0.075		1.91	845.9			1.91	534.1			1.91	214.5		
0.100	1000.0	2.54	1000.0	1000.00	100.0	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		

Tabla 166 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STANDARD. lb/pulg 2	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		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	325.9			1.27	365.9			1.27	158.4		
0.075		1.91	845.9			1.91	476.1			1.91	164.5		
0.100	1000.0	2.54	950.0	950.00	95.0	2.54	617.9	617.85	61.8	2.54	178.3	178.30	17.8
0.125		3.18	1354.3			3.18	774.3			3.18	225.5		
0.150		3.81	1799.8			3.81	881.6			3.81	283.6		
0.200	1500.0	5.08	2112.3	2112.30	140.8	5.08	1087.3	1087.31	72.5	5.08	328.4	328.40	21.9
0.300		7.62	3012.3			7.62	1440.7			7.62	412.9		
0.400		10.16	3745.3			10.16	1673.6			10.16	544.4		
0.500		13	4953.2			13	1927.0			13	589.9		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

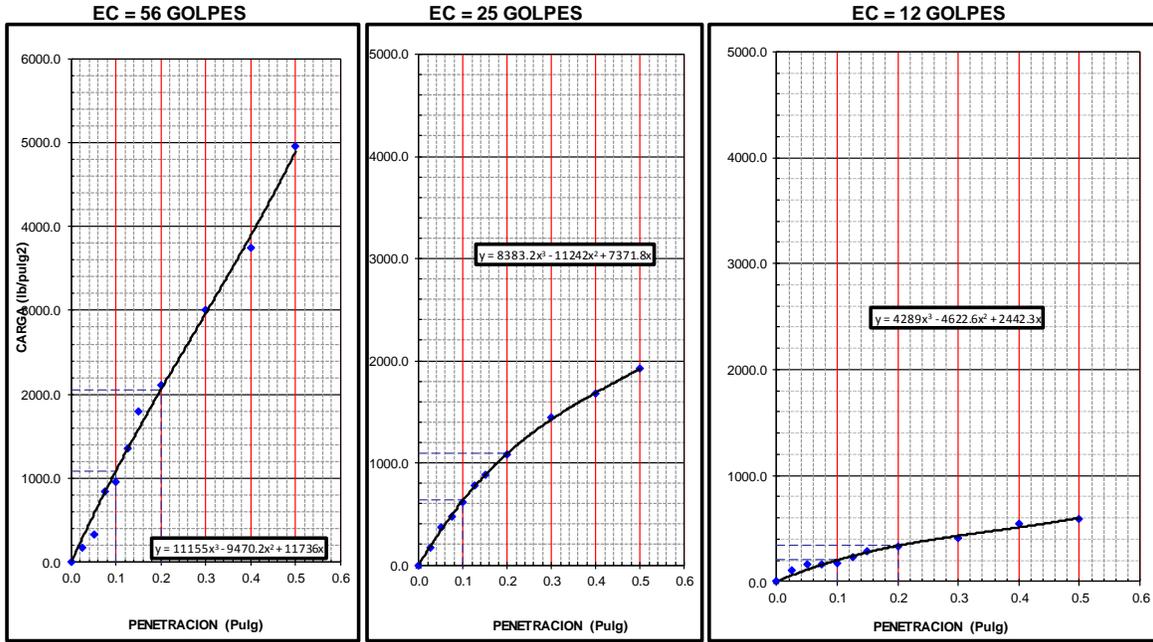


Figura 106 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

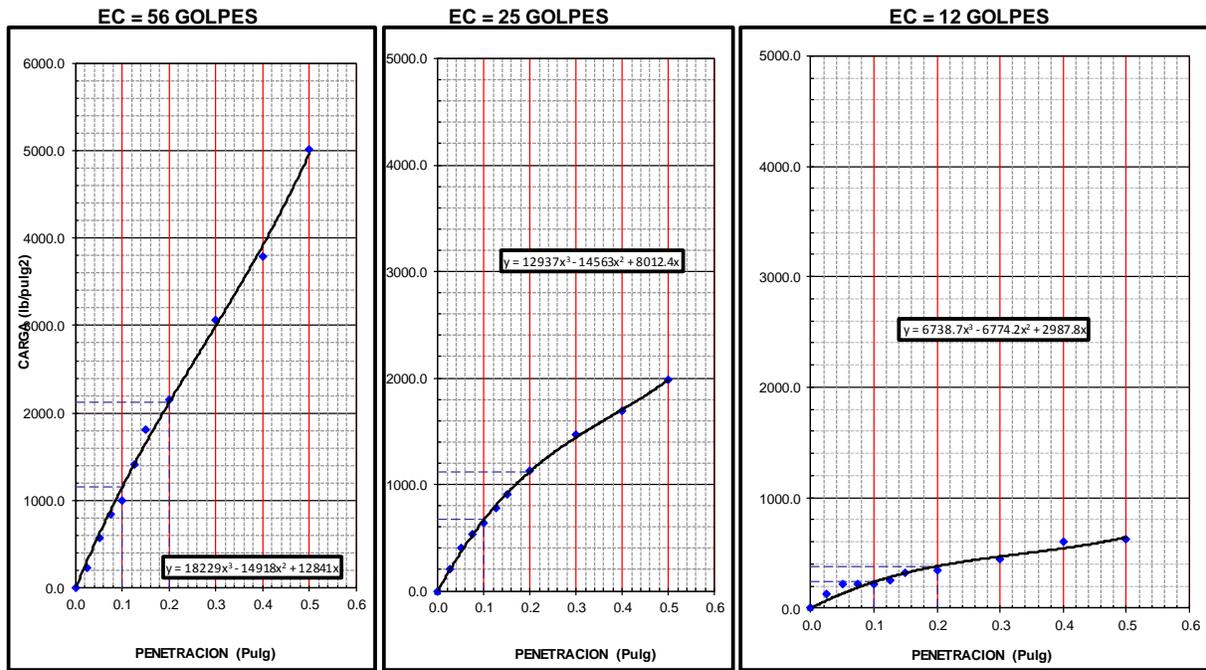


Figura 107 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

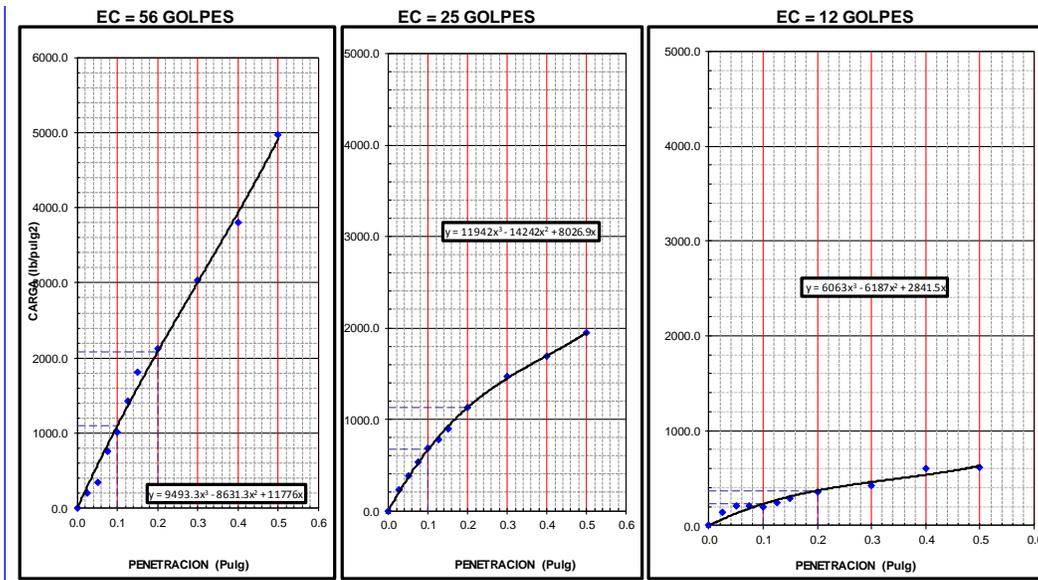


Figura 108 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

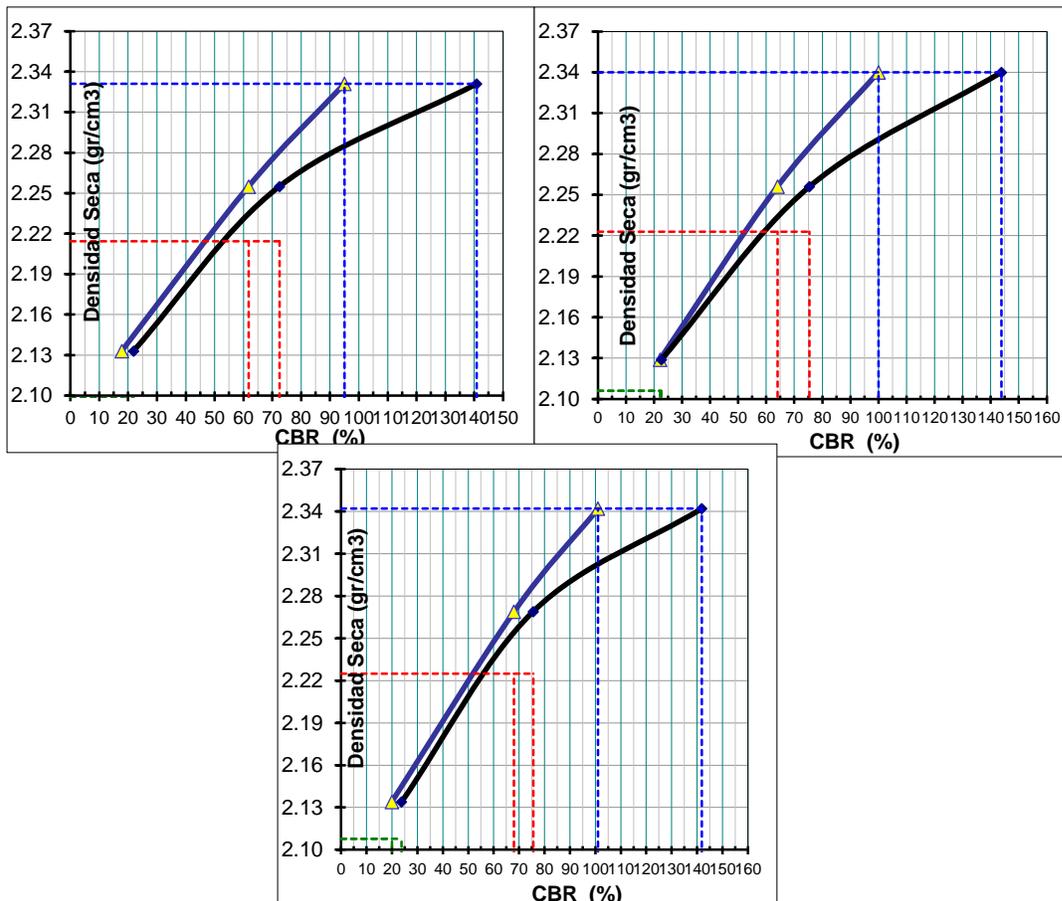


Figura 109 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 167 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	102.0	155.2	103.0	149.6	103.3	146.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	52.7	62.0	55.3	64.5	54.0	60.5

4.7. Análisis De Material Con Mortero de cemento Relación A/C = 2.75

Para realizar el ensayo de CBR se realizó con el promedio de los tres ensayos de proctor del material en estado natural, se tomó en cuenta 2.347 de Máxima densidad seca y 5.32 % de optimo contenido de humedad.

Se utilizó 6 kg de muestra del cual se tomó 0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.5 % para obtener el peso en cemento, obtenido el peso de cemento a través de la relación A/C se obtiene la cantidad de agua necesaria en peso. En la siguiente tabla se muestra los pesos obtenidos de cemento y agua.

Tabla 168 Pesos agua cemento A/C = 2.75

Peso muestra	%	a/c= 2.75	
		Peso cemento	Peso agua
6.00	0.5	30	82.50
6.00	0.75	45	123.75
6.00	1	60	165.00
6.00	1.25	75	206.25
6.00	1.5	90	247.50

Relación CBR del material de base granular necesita cumplir con las especificaciones de la siguiente tabla.

Tabla 169 Requisitos de base granular

Requisitos de calidad para base granular			
Índice plasticidad	2min%	mtc e 111	
CBR	80min%	mtc e 132	ejes equivalentes <10000000
CBR	100min%	mtc e 133	ejes equivalentes >10000000

Fuente: MTC especificaciones técnicas generales para construcción EG-2013

4.7.1. Valor CBR 0.5% de cemento, A/C = 2.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 170 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13100	12791	12714
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5266	5042	4783
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.492	2.386	2.257
Humedad	(%)	6.350	6.320	6.010
Densidad seca	(g/cm³)	2.343	2.244	2.129
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	315.70	345.60	389.10
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	300.00	328.40	369.90
Peso del Agua	(gr)	15.70	17.20	19.20
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	247.40	272.20	319.30
Humedad	(%)	6.35	6.32	6.01

Tabla 171 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13090	12783	12729
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5256	5034	4798
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.487	2.382	2.264
Humedad	(%)	5.990	6.600	5.980
Densidad seca	(g/cm³)	2.346	2.235	2.136
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	305.50	329.20	341.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	291.20	312.30	324.80

Peso del Agua	(gr)	14.30	16.90	16.40
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	238.60	256.10	274.20
Humedad	(%)	5.99	6.60	5.98

Tabla 172 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13069	12789	12722
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5235	5040	4791
Volumen de la matriz	(cm ³)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.478	2.385	2.261
Humedad	(%)	5.950	5.640	5.840
Densidad seca	(g/cm³)	2.339	2.258	2.136
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	325.10	378.40	316.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	309.80	361.20	302.20
Peso del Agua	(gr)	15.30	17.20	14.70
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	257.20	305.00	251.60
Humedad	(%)	5.95	5.64	5.84

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 173 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION

PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
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	900.0	900.0 0	90. 0	2.54	234.4	234.4 0	23. 4	2.54	199.9	199.9 0	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	627.6 0	41. 8	5.08	423.2	423.1 7	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		

Tabla 174 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
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	924.8	924.8 0	92. 5	2.54	306.4	306.4 0	30. 6	2.54	226.9	226.9 0	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	665.6 0	44. 4	5.08	456.2	456.1 7	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		

Tabla 175 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION							
PROFUNDIDAD DE	CAR GA	MOLDE N°	56	MOLDE N°	25	MOLDE N°	12

PENETRACION	STAN D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg g2	Dial (div)	lb/pulg g2	lb/pulg g2	%	Dial (div)	lb/pulg g2	lb/pulg g2	%	Dial (div)	lb/pulg g2	lb/pulg g2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	109.9			0.64	135.7			0.64	123.2		
0.050		1.27	405.0			1.27	151.5			1.27	181.4		
0.075		1.91	630.5			1.91	237.5			1.91	177.9		
0.100	1000.0	2.54	868.4	868.4 0	86. 8	2.54	273.8	273.8 0	27. 4	2.54	240.3	240.3 0	24.0
0.125		3.18	1226. 7			3.18	363.2			3.18	314.9		
0.150		3.81	1586. 0			3.81	528.9			3.81	334.4		
0.200	1500.0	5.08	1760. 4	1760. 40	117. .4	5.08	658.9	658.9 0	43. 9	5.08	425.4	425.4 0	28.4
0.300		7.62	2047. 5			7.62	850.7			7.62	598.4		
0.400		10.16	2586. 7			10.16	1295. 4			10.16	712.8		
0.500		13	2837. 6			13	1614. 1			13	819.5		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente.

Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

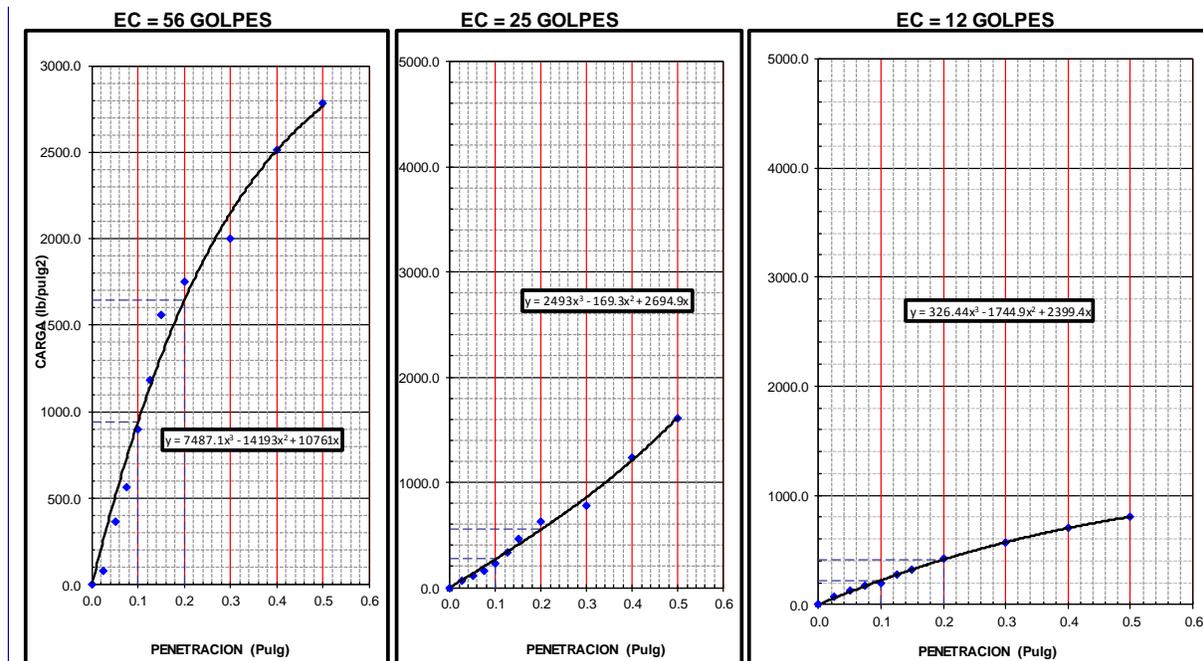


Figura 110 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

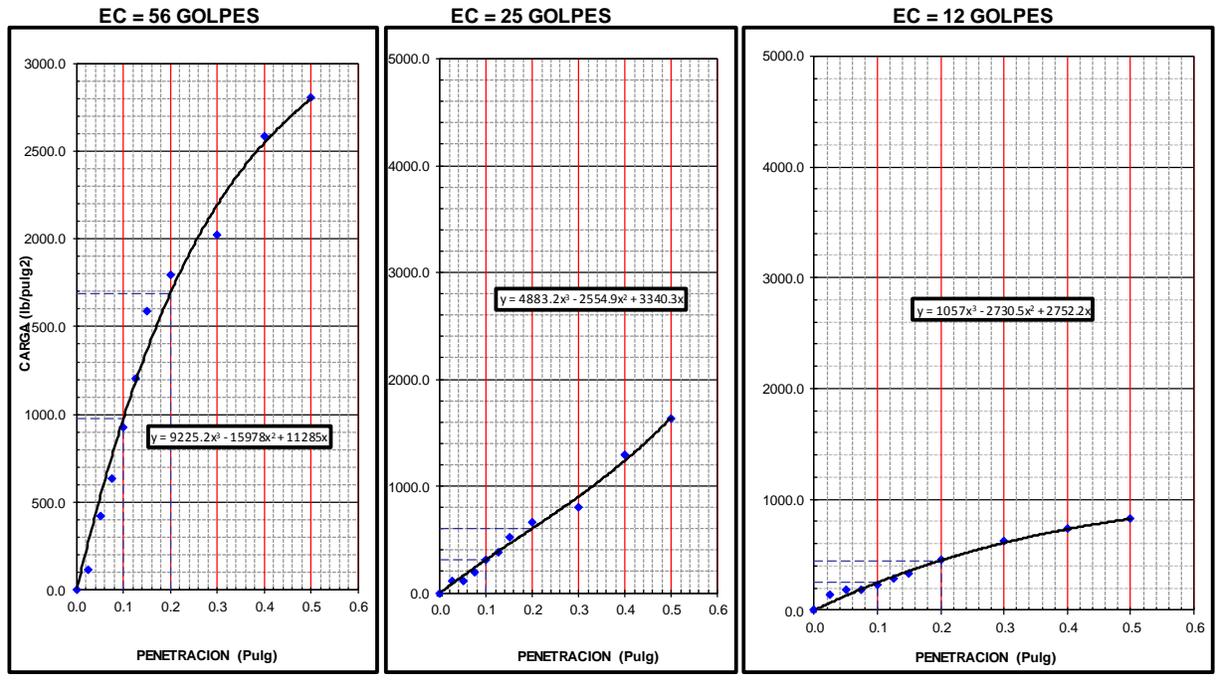


Figura 111 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

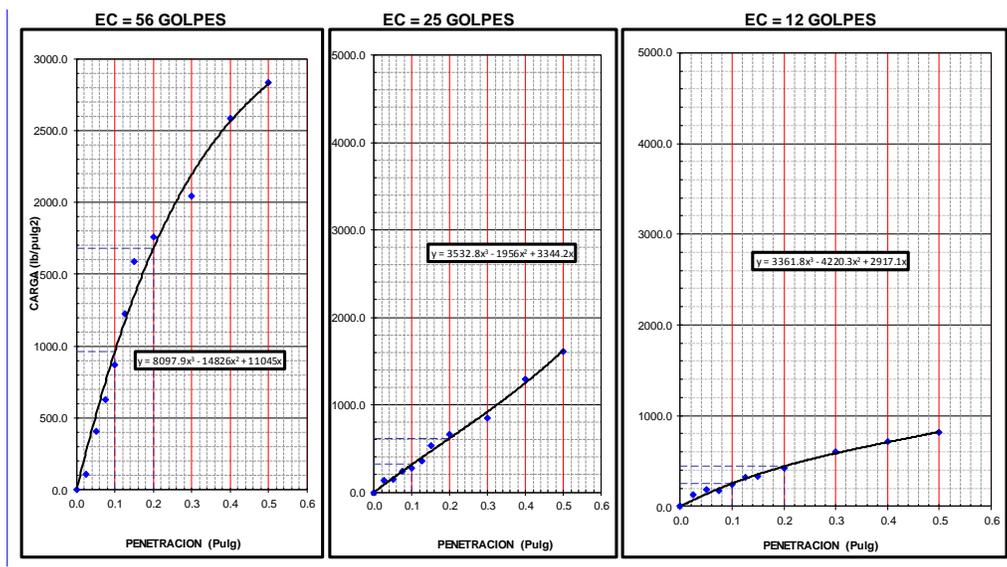


Figura 112 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

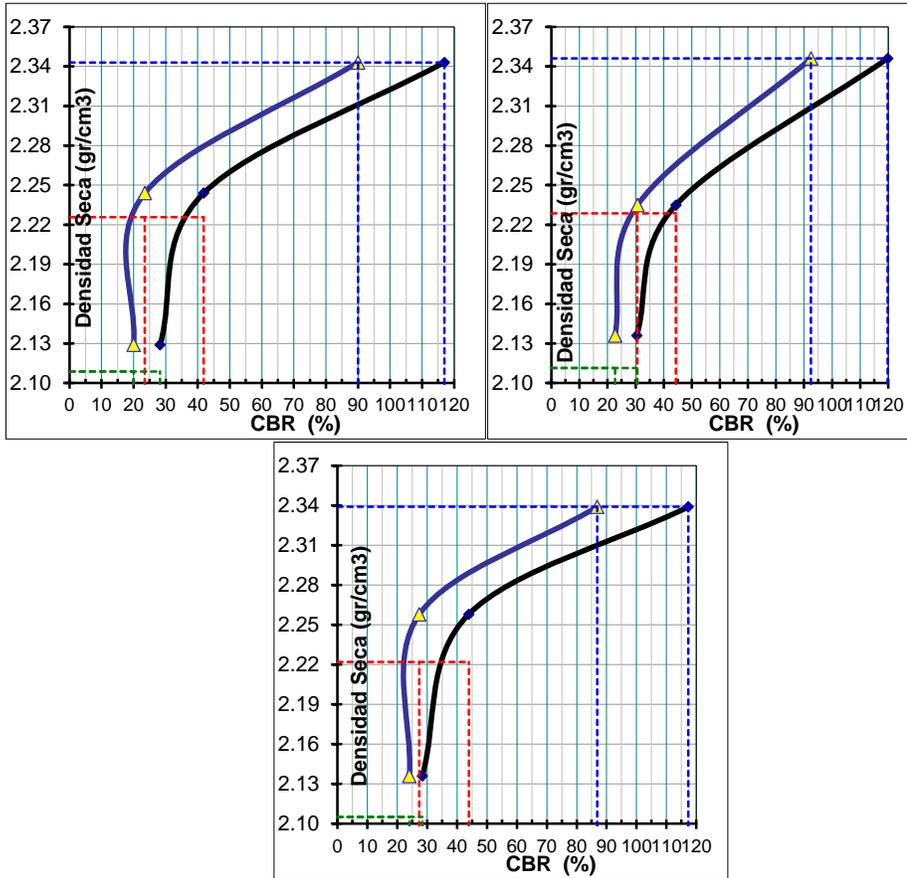


Figura 113 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 176 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS – Primer, segundo y tercer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	92.7	120.0	93.0	120.4	92.7	124.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	23.0	40.1	30.2	43.6	26.6	40.3

4.7.2. Valor CBR 0.75% de cemento, A/C = 2.25

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 177 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13045	12776	12700
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5211	5027	4769
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.466	2.379	2.251
Humedad	(%)	6.000	6.300	6.410
Densidad seca	(g/cm3)	2.326	2.238	2.115
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	248.60	278.90	289.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	237.50	265.70	275.10
Peso del Agua	(gr)	11.10	13.20	14.40
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	184.90	209.50	224.50
Humedad	(%)	6.00	6.30	6.41

Tabla 178 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13088	12764	12709
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5254	5015	4778
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.487	2.373	2.255
Humedad	(%)	6.020	6.460	6.890
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.229	2.110
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	341.20	395.60	374.80
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	324.80	375.00	353.90
Peso del Agua	(gr)	16.40	20.60	20.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	272.20	318.80	303.30

Humedad	(%)	6.02	6.46	6.89
----------------	------------	-------------	-------------	-------------

Tabla 179 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13090	12759	12710
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5256	5010	4779
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.487	2.371	2.255
Humedad	(%)	6.000	5.720	6.180
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.243	2.124
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.10	285.20	299.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	234.20	272.80	285.40
Peso del Agua	(gr)	10.90	12.40	14.50
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	181.60	216.60	234.80
Humedad	(%)	6.00	5.72	6.18

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 180 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%
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		1.91	498.6			1.91	245.8			1.91	132.9		
0.100	1000.0	2.54	840.6	840.6 0	84. 1	2.54	374.1	374.1 0	37. 4	2.54	156.9	156.9 0	15.7
0.125		3.18	1236. 3			3.18	492.0			3.18	229.9		
0.150		3.81	1358. 1			3.81	619.3			3.81	284.4		
0.200	1500.0	5.08	1675. 2	1675. 20	111. .7	5.08	753.3	753.3 0	50. 2	5.08	382.2	382.1 7	25.5
0.300		7.62	1896. 2			7.62	951.3			7.62	532.4		
0.400		10.16	2001. 9			10.16	1187. 3			10.16	664.8		
0.500		13	2415. 7			13	1457. 2			13	771.7		

Tabla 181 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDI DAD DE PENETRAC ION	CAR GA STAN D.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12	
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	131.1			0.64	88.7			0.64	48.2		
0.050		1.27	305.8			1.27	227.3			1.27	94.4		
0.075		1.91	551.2			1.91	250.8			1.91	179.9		
0.100	1000.0	2.54	941.8	941.8 0	94. 2	2.54	416.8	416.8 0	41. 7	2.54	169.3	169.3 0	16.9
0.125		3.18	1317. 3			3.18	506.0			3.18	243.9		
0.150		3.81	1411. 4			3.81	683.3			3.81	369.4		
0.200	1500.0	5.08	1726. 5	1726. 50	115. .1	5.08	767.9	767.9 0	51. 2	5.08	452.4	452.4 0	30.2
0.300		7.62	1941. 2			7.62	983.3			7.62	555.4		
0.400		10.16	2037. 9			10.16	1216. 3			10.16	690.5		
0.500		13	2428. 6			13	1519. 1			13	844.6		

Tabla 182 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDI DAD DE PENETRAC ION	CAR GA STAN D.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12	
		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
		lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2

0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	143.9			0.64	111.5			0.64	125.0		
0.050		1.27	249.8			1.27	229.3			1.27	111.4		
0.075		1.91	504.6			1.91	282.8			1.91	148.9		
0.100	1000.0	2.54	950.8	950.8	95.1	2.54	403.4	403.4	40.3	2.54	228.1	228.1	22.8
0.125		3.18	1274.3			3.18	547.0			3.18	288.9		
0.150		3.81	1409.1			3.81	624.3			3.81	300.4		
0.200	1500.0	5.08	1677.7	1677.7	111.8	5.08	757.3	757.3	50.5	5.08	416.8	416.8	27.8
0.300		7.62	1903.2			7.62	1033.2			7.62	541.4		
0.400		10.16	2049.9			10.16	1265.3			10.16	740.8		
0.500		13	2466.6			13	1502.1			13	824.9		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

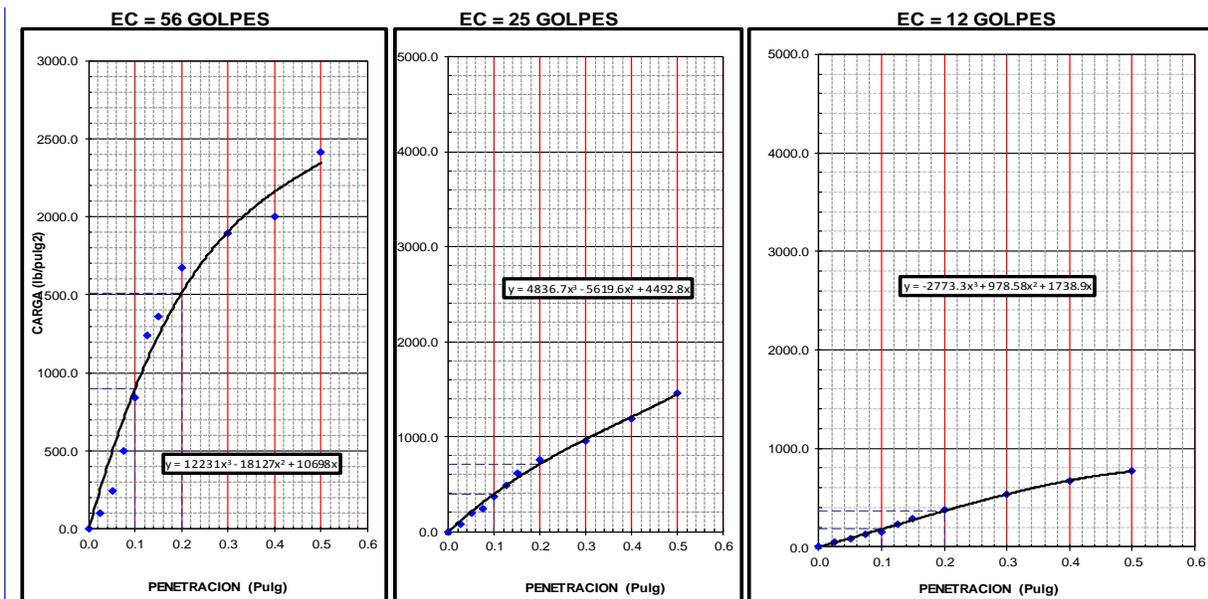


Figura 114 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

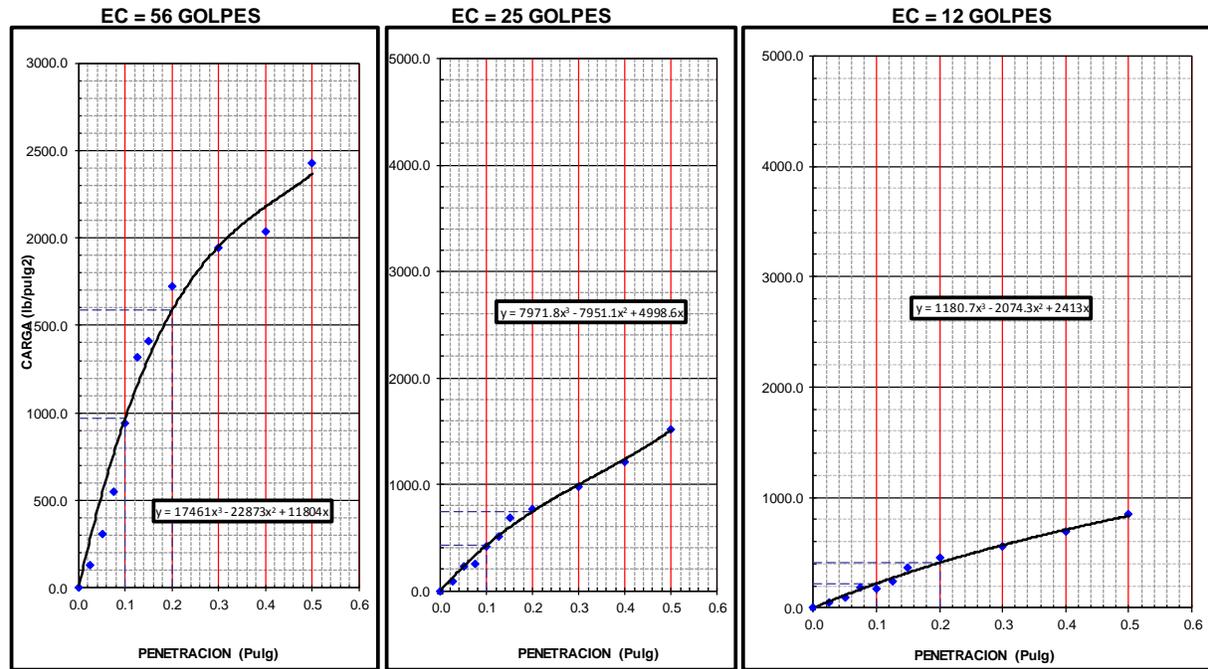


Figura 115 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

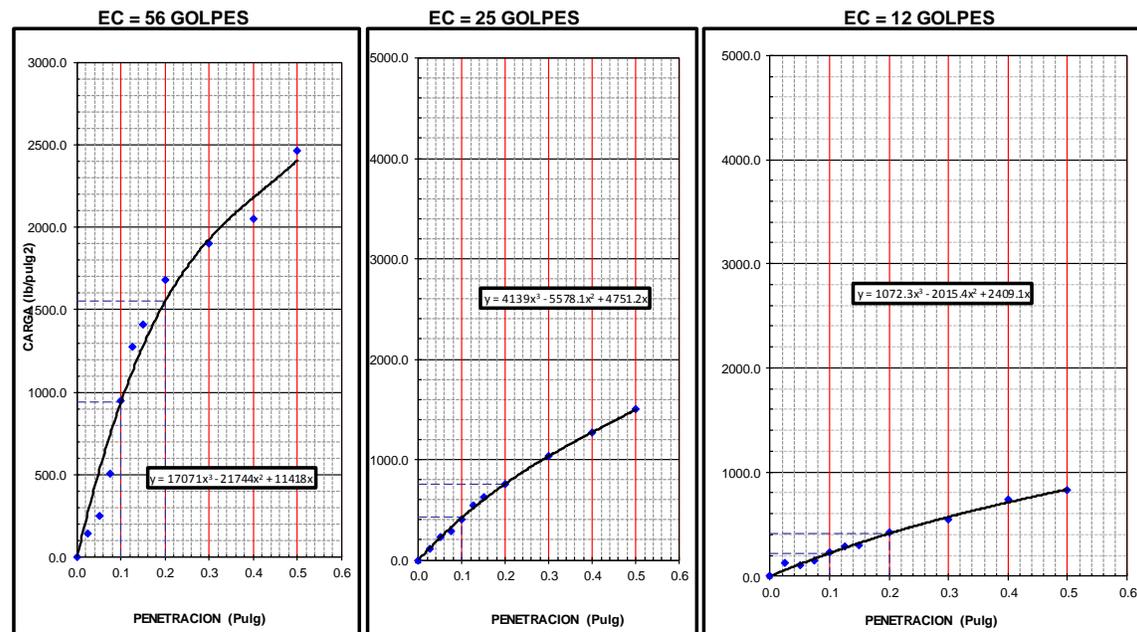


Figura 116 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

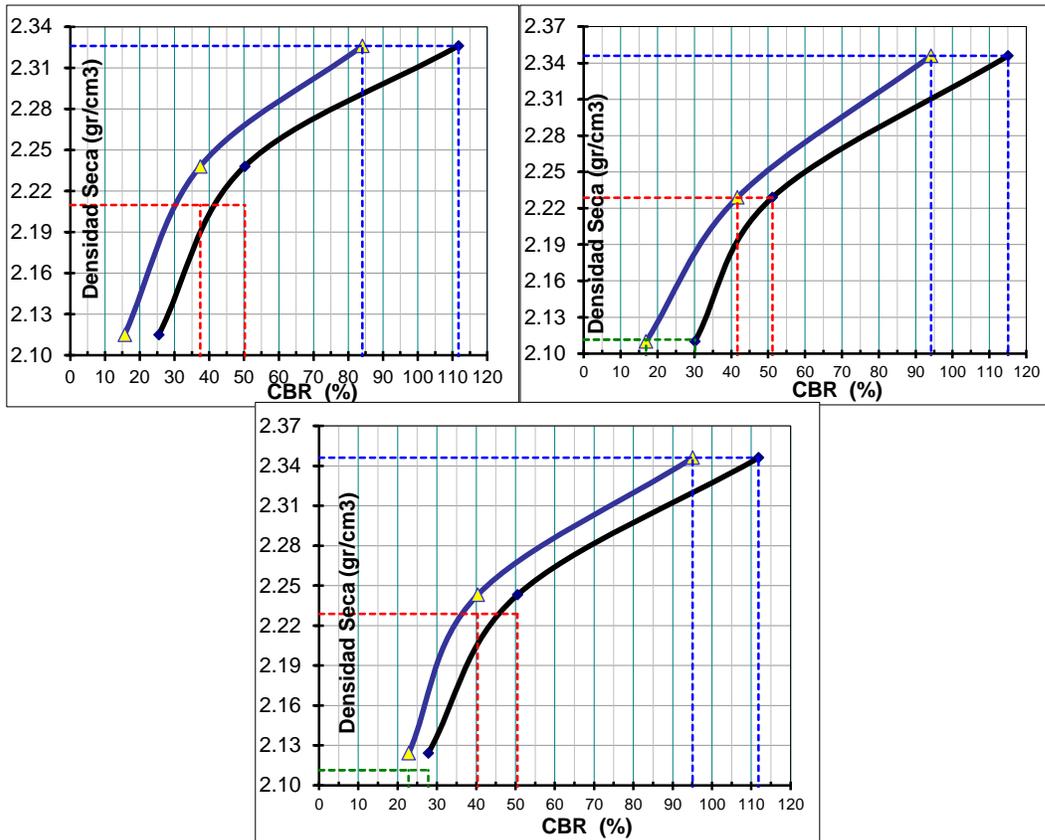


Figura 117 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 183 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	95.2	126.3	94.6	115.6	95.6	112.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	35.9	48.5	42.0	51.5	38.4	47.9

4.7.3. Valor CBR 1% de cemento, A/C = 2.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 184 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13100	12761	12693
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5266	5012	4762
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.492	2.372	2.247
Humedad	(%)	6.480	6.120	5.950
Densidad seca	(g/cm3)	2.340	2.235	2.121
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	238.30	245.10	287.60
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	227.00	234.20	274.30
Peso del Agua	(gr)	11.30	10.90	13.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	174.40	178.00	223.70
Humedad	(%)	6.48	6.12	5.95

Tabla 185 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13099	12769	12684
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5265	5020	4753
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.492	2.376	2.243
Humedad	(%)	6.170	6.330	6.440
Densidad seca	(g/cm3)	2.347	2.235	2.107
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	241.90	287.90	214.20
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	230.90	274.10	204.30
Peso del Agua	(gr)	11.00	13.80	9.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	178.30	217.90	153.70
Humedad	(%)	6.17	6.33	6.44

Tabla 186 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13075	12741	12698
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5241	4992	4767
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.480	2.363	2.250
Humedad	(%)	5.730	5.520	6.070
Densidad seca	(g/cm3)	2.346	2.239	2.121
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	351.60	312.20	378.90
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	335.40	298.80	360.10
Peso del Agua	(gr)	16.20	13.40	18.80
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	282.80	242.60	309.50
Humedad	(%)	5.73	5.52	6.07

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 187 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		

0.025		0.64	131.5			0.64	69.8			0.64	47.8		
0.050		1.27	356.3			1.27	99.2			1.27	82.3		
0.075		1.91	579.7			1.91	218.9			1.91	147.7		
0.100	1000.0	2.54	1032.7	1032.70	103.3	2.54	357.8	357.78	35.8	2.54	202.0	202.03	20.2
0.125		3.18	1108.9			3.18	421.7			3.18	227.7		
0.150		3.81	1282.0			3.81	480.5			3.81	290.2		
0.200	1500.0	5.08	1523.3	1523.30	101.6	5.08	668.5	668.55	44.6	5.08	365.9	365.86	24.4
0.300		7.62	1841.9			7.62	924.2			7.62	515.7		
0.400		10.16	1998.2			10.16	1099.9			10.16	628.9		
0.500		13	2348.7			13	1412.8			13	692.1		

Tabla 188 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12	
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2
0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	163.1			0.64	116.3			0.64	92.9		
0.050		1.27	405.3			1.27	139.2			1.27	143.3		
0.075		1.91	621.2			1.91	236.9			1.91	185.7		
0.100	1000.0	2.54	1065.9	1065.90	106.6	2.54	423.6	423.60	42.4	2.54	239.2	239.20	23.9
0.125		3.18	1125.9			3.18	483.7			3.18	245.7		
0.150		3.81	1334.0			3.81	493.5			3.81	307.2		
0.200	1500.0	5.08	1557.4	1557.40	103.8	5.08	719.7	719.70	48.0	5.08	414.3	414.30	27.6
0.300		7.62	1841.9			7.62	957.2			7.62	554.7		
0.400		10.16	2063.2			10.16	1112.9			10.16	662.9		
0.500		13	2397.5			13	1422.1			13	713.4		

Tabla 189 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25		MOLDE N°		12	
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg2	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2	%	Dial (div)	lb/pulg2	lb/pulg2

0.000		0	0.0			0	0.0			0	0.0		
0.025		0.64	199.9			0.64	123.5			0.64	48.1		
0.050		1.27	389.3			1.27	157.2			1.27	138.3		
0.075		1.91	646.7			1.91	271.9			1.91	202.7		
0.100	1000.0	2.54	1063. 5	1063. 50	106. .4	2.54	424.4	424.4 0	42. 4	2.54	214.9 0	214.9 0	21.5
0.125		3.18	1125. 6			3.18	436.7			3.18	286.7		
0.150		3.81	1323. 0			3.81	504.5			3.81	313.2		
0.200	1500.0	5.08	1777. 7	1777. 70	118. .5	5.08	709.3	709.3 0	47. 3	5.08	387.8 0	387.8 0	25.9
0.300		7.62	1879. 9			7.62	987.2			7.62	520.7		
0.400		10.16	2034. 6			10.16	1103. 9			10.16	673.9		
0.500		13	2373. 7			13	1414. 2			13	758.4		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

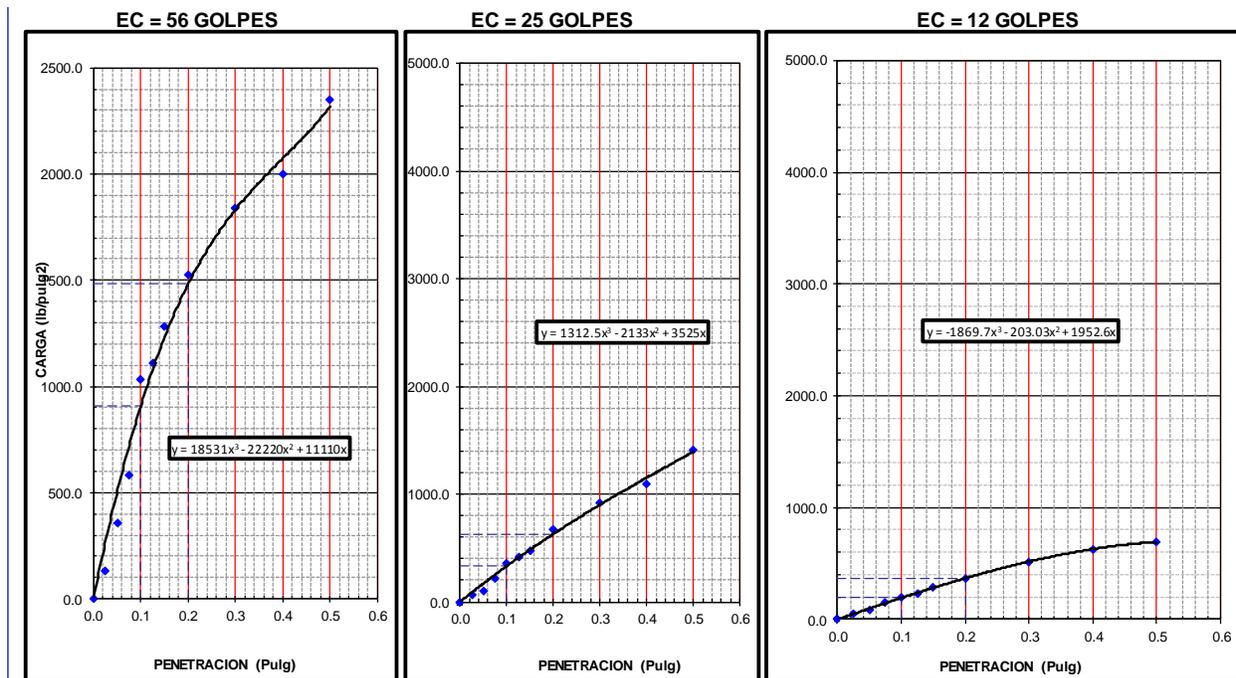


Figura 118 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

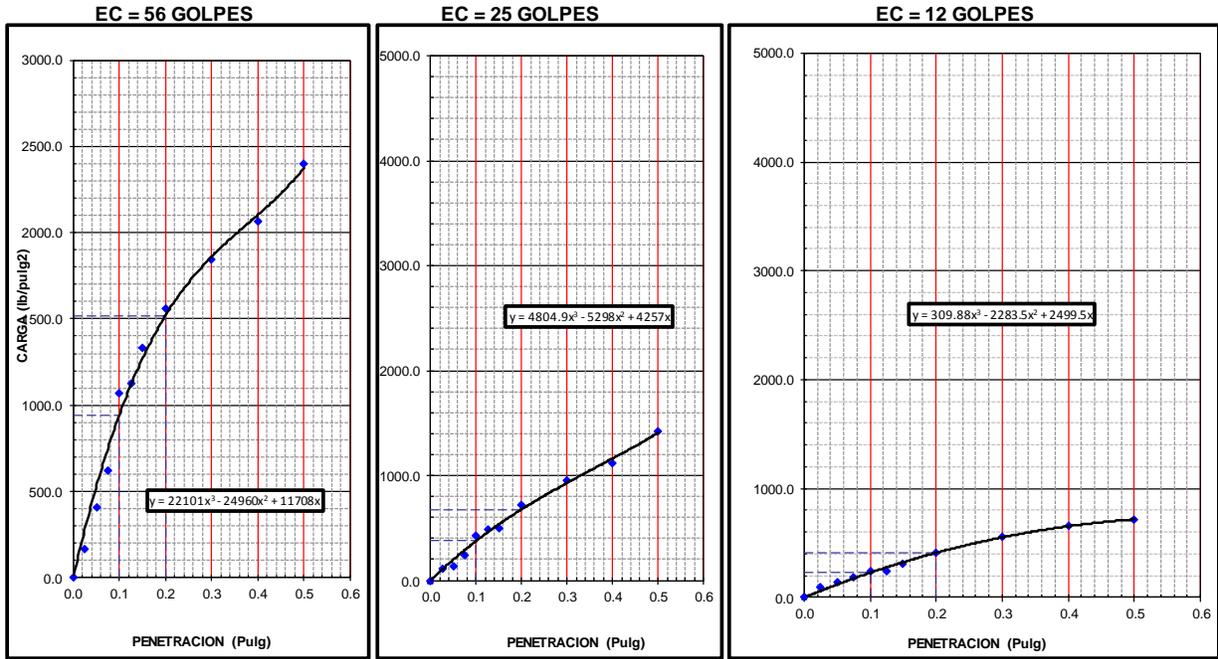


Figura 119 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

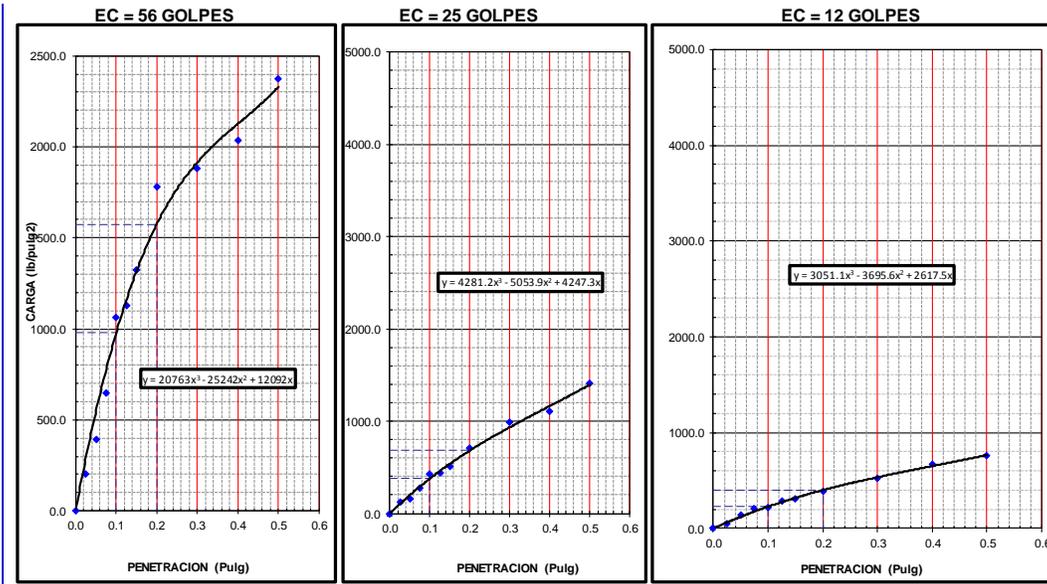


Figura 120 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

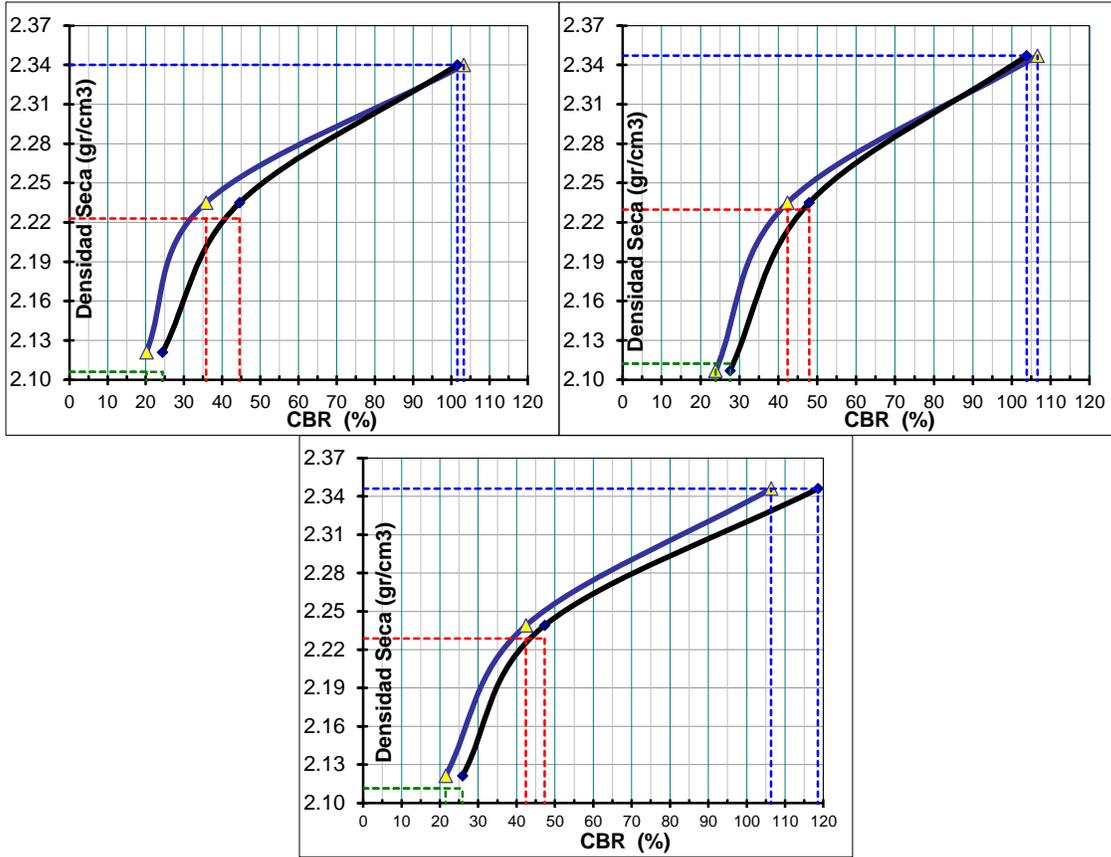


Figura 121 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 190 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	107.8	105.4	106.6	103.8	106.9	119.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	35.0	43.6	41.6	47.1	40.8	45.6

4.7.4. Valor CBR 1.25% de cemento, A/C = 2.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 191 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13069	12752	12641
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5235	5003	4710
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.478	2.368	2.223
Humedad	(%)	5.600	5.670	5.590
Densidad seca	(g/cm3)	2.347	2.241	2.105
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	258.30	214.60	245.10
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	247.40	206.10	234.80
Peso del Agua	(gr)	10.90	8.50	10.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	194.80	149.90	184.20
Humedad	(%)	5.60	5.67	5.59

Tabla 192 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13055	12758	12645
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5221	5009	4714
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.471	2.371	2.225
Humedad	(%)	5.560	5.740	5.750
Densidad seca	(g/cm3)	2.341	2.242	2.104
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	348.90	312.10	380.00
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	333.30	298.20	362.10
Peso del Agua	(gr)	15.60	13.90	17.90
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	280.70	242.00	311.50
Humedad	(%)	5.56	5.74	5.75

Tabla 193 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13050	12772	12675
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5216	5023	4744
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.469	2.377	2.239
Humedad	(%)	5.520	6.000	5.670
Densidad seca	(g/cm3)	2.340	2.242	2.119
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	369.90	323.10	354.50
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	353.30	308.00	338.20
Peso del Agua	(gr)	16.60	15.10	16.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	300.70	251.80	287.60
Humedad	(%)	5.52	6.00	5.67

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar ala muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 194 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION								
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°	56	MOLDE N°		25	MOLDE N°	12
	STANDARD.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	

	lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%
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	2.54	1060. 9	1060. 90	106 .1	2.54	333.8	333.7 8	33. 4	2.54	150.0	150.0 3	15.0
0.125		3.18	1235. 9			3.18	332.7			3.18	212.7		
0.150		3.81	1452. 6			3.81	409.5			3.81	253.2		
0.200	1500.0	5.08	1708. 9	1708. 90	113 .9	5.08	579.5	579.5 5	38. 6	5.08	319.9	319.8 6	21.3
0.300		7.62	1808. 9			7.62	862.2			7.62	479.7		
0.400		10.16	1952. 2			10.16	1078. 9			10.16	563.9		
0.500		13	2269. 7			13	1362. 8			13	647.1		

Tabla 195 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION														
PROFUNDI DAD DE PENETRAC ION	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°				25	MOLDE N°		12	
		STAN D.	CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON		CARGA		CORRECCI ON	
			lb/pul g2	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2	%	Dial (div)	lb/pul g2	lb/pul g2
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	1025. 9	1025. 90	102 .6	2.54	338.6	338.6 0	33. 9	2.54	169.1	169.1 0	16.9	
0.125		3.18	1435. 9			3.18	359.7			3.18	229.7			
0.150		3.81	1575. 6			3.81	423.5			3.81	305.2			
0.200	1500.0	5.08	1730. 9	1730. 90	115 .4	5.08	582.7	582.7 0	38. 8	5.08	370.8	370.8 0	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			

Tabla 196 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDI DAD DE	CAR GA	MOLDE N°		56		MOLDE N°				25	MOLDE N°		12

PENETRACION	STAN D.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg ²	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	1019.4	1019.40	101.9	2.54	350.4	350.40	35.0	2.54	181.2	181.20	18.1
0.125		3.18	1385.9			3.18	334.7			3.18	229.7		
0.150		3.81	1582.3			3.81	457.5			3.81	253.2		
0.200	1500.0	5.08	1750.3	1750.30	116.7	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		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

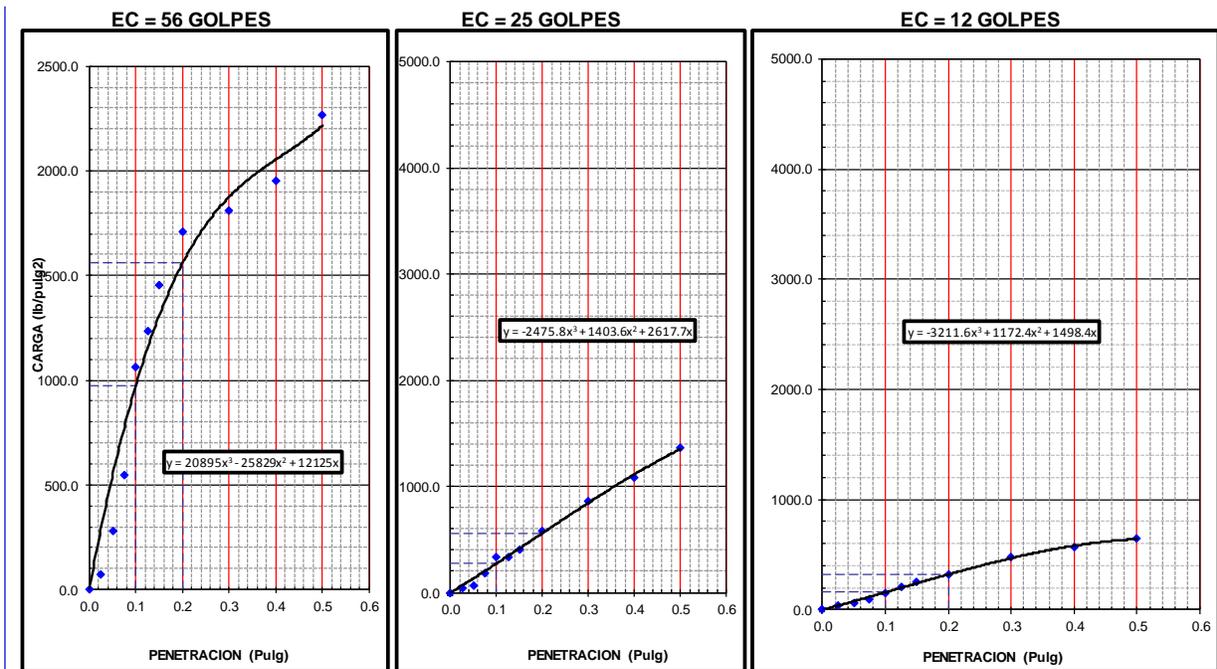


Figura 122 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

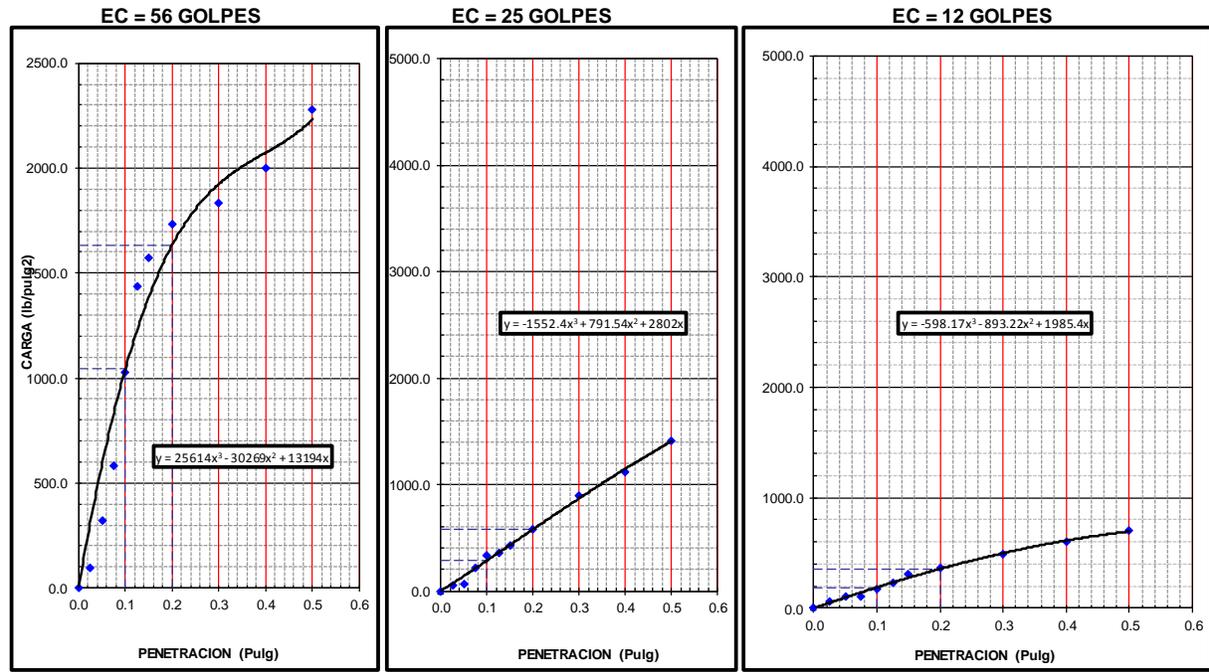


Figura 123 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

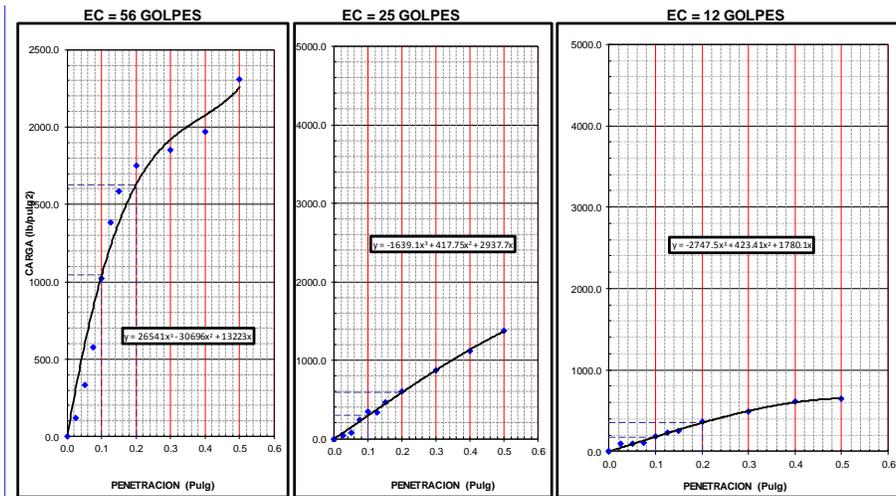


Figura 124 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

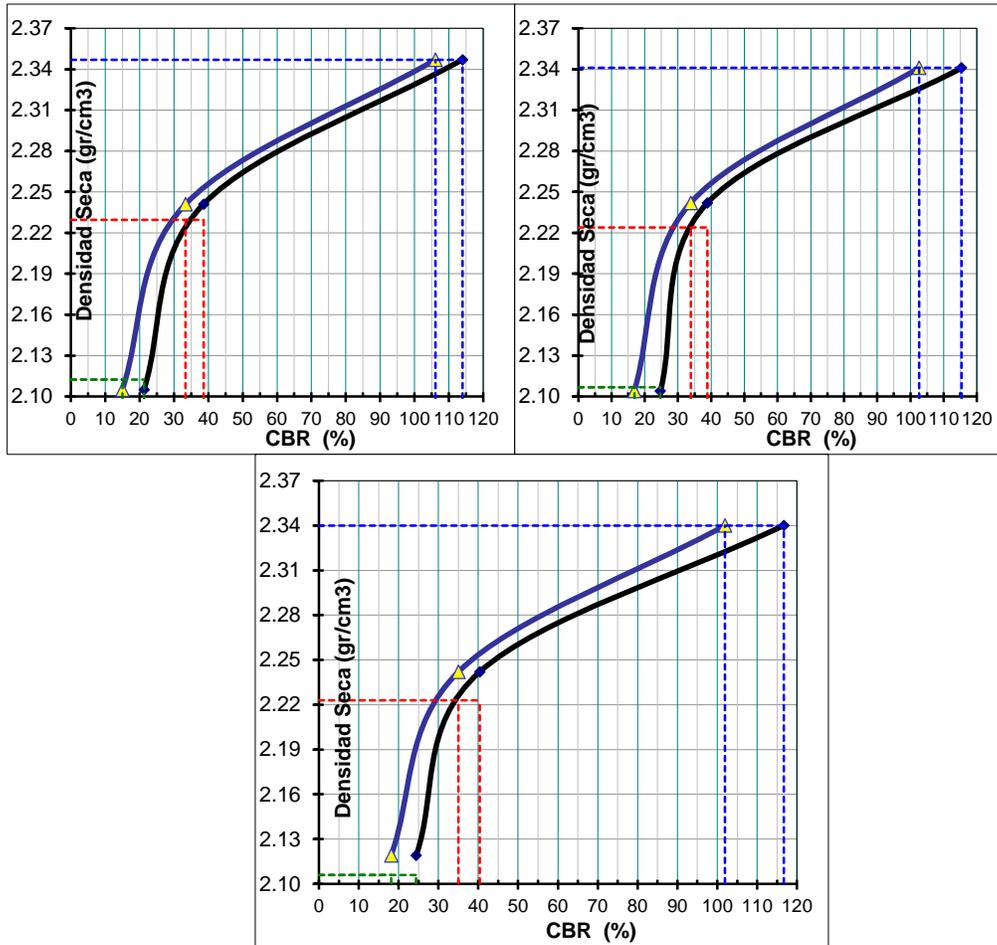


Figura 125 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 197 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	106.1	113.9	106.8	120.0	106.7	122.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	31.8	37.2	32.3	37.6	33.3	38.8

4.7.5. Valor CBR 1.5% de cemento, A/C = 2.75

El ensayo consiste en realizar muestras de 12, 25 y 56 golpes. Cada ensayo se realiza 5 capas con 12, 25 o 56 golpes.

Tabla 198 Datos CBR después del compactado – Primer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13069	12745	12640
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5235	4996	4709
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.478	2.364	2.222
Humedad	(%)	5.800	6.470	5.660
Densidad seca	(g/cm3)	2.342	2.220	2.103
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	245.90	248.60	278.30
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	235.30	236.90	266.10
Peso del Agua	(gr)	10.60	11.70	12.20
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	182.70	180.70	215.50
Humedad	(%)	5.80	6.47	5.66

Tabla 199 Datos CBR después del compactado – Segundo ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13079	12754	12650
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5245	5005	4719
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.482	2.369	2.227
Humedad	(%)	5.980	6.230	5.720
Densidad seca	(g/cm3)	2.342	2.230	2.107
Numero de Recipiente		1	2	3

Recipiente + Suelo mojado	(gr)	284.60	274.30	241.10
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	271.50	261.50	230.80
Peso del Agua	(gr)	13.10	12.80	10.30
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	218.90	205.30	180.20
Humedad	(%)	5.98	6.23	5.72

Tabla 200 Datos CBR después del compactado – Tercer ensayo.

Matriz # Numero		05	07	013
Numero de estratos compactados		5.00	5.00	5.00
Golpes por estrato compactado		56	25	12
Condición de la muestra		NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO	NO SUMERGIDO
Peso matriz + suelo mojado	(gr)	13071	12764	12653
Peso de matriz	(gr)	7834	7749	7931
Peso del suelo mojado	(gr)	5237	5015	4722
Volumen de la matriz	(cm3)	2113	2113	2119
Densidad húmeda	(gr/cm3)	2.478	2.373	2.228
Humedad	(%)	5.820	5.940	5.900
Densidad seca	(g/cm3)	2.342	2.240	2.104
Numero de Recipiente		1	2	3
Recipiente + Suelo mojado	(gr)	345.10	389.60	312.70
Recipiente + Suelo evaporado	(gr)	329.00	370.90	298.10
Peso del Agua	(gr)	16.10	18.70	14.60
Peso del Recipiente	(gr)	52.60	56.20	50.60
Peso del suelo evaporado	(gr)	276.40	314.70	247.50
Humedad	(%)	5.82	5.94	5.90

Después del compactado se añade el mortero de cemento y se deja curar por 2 horas luego pasa a la saturación de las muestras de 12, 25 y 56 golpes para poder medir expansión o asentamiento de las muestras compactadas con mortero de cemento

Se observó que la muestra no tiene expansión ni asentamiento y esto ocurre en suelos que están en la clasificación de gravas.

Luego de la saturación durante 4 días o 96 horas se pasa a aplicar una carga estándar a la muestra en la prensa de Marshall para poder obtener esfuerzos de las muestras de 12, 25 y 56 golpes respectivamente.

En la tabla se observa los resultados después de aplicarle una carga constante.

Tabla 201 Datos CBR - Esfuerzos - Primer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	998.7	998.7	99.9	2.54	410.3	410.3	41.0	2.54	145.9	145.9	14.6
0.125		3.18	1285.3			3.18	689.3			3.18	245.9		
0.150		3.81	1514.7			3.81	799.8			3.81	299.3		
0.200	1500.0	5.08	1798.3	1798.30	119.9	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		

Tabla 202 Datos CBR - Esfuerzos - Segundo ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA	MOLDE N°		56		MOLDE N°		25	MOLDE N°		12		
	STANDARD.	CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
	lb/pulg ²	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	139.1			0.64	146.2			0.64	109.0		
0.050		1.27	392.7			1.27	317.6			1.27	133.8		
0.075		1.91	639.2			1.91	345.2			1.91	131.1		
0.100	1000.0	2.54	987.0	987.0	98.7	2.54	447.3	447.3	44.7	2.54	165.2	165.2	16.5
0.125		3.18	1290.3			3.18	720.7			3.18	268.9		
0.150		3.81	1331.3			3.81	830.8			3.81	316.3		
0.200	1500.0	5.08	1507.3	1507.30	100.5	5.08	839.8	839.80	56.0	5.08	338.4	338.40	22.6
0.300		7.62	1861.4			7.62	1225.5			7.62	473.9		
0.400		10.16	1969.8			10.16	1633.3			10.16	562.9		

0.500		13	2284.5			13	1917.9			13	602.5		
-------	--	-----------	--------	--	--	-----------	--------	--	--	-----------	-------	--	--

Tabla 203 Datos CBR - Esfuerzos - Tercer ensayo.

Capacidad de Soporte - PENETRACION													
PROFUNDIDAD DE PENETRACION	CARGA STAN D.	MOLDE N° 56				MOLDE N° 25				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		lb/pulg ²	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	175.9			0.64	125.5			0.64	110.1		
0.050		1.27	389.7			1.27	284.3			1.27	120.3		
0.075		1.91	643.3			1.91	370.2			1.91	135.2		
0.100	1000.0	2.54	999.9	999.90	100.0	2.54	450.4	450.40	45.0	2.54	145.0	145.00	14.5
0.125		3.18	1121.3			3.18	709.3			3.18	292.9		
0.150		3.81	1317.7			3.81	832.8			3.81	342.3		
0.200	1500.0	5.08	1536.7	1536.70	102.4	5.08	864.2	864.20	57.6	5.08	362.9	362.90	24.2
0.300		7.62	1855.6			7.62	1225.5			7.62	473.9		
0.400		10.16	1965.8			10.16	1647.3			10.16	530.8		
0.500		13	2250.6			13	1934.1			13	582.7		

Después de obtener los esfuerzos se representan en una gráfica de penetración vs carga, en las figuras se observa las gráficas de 56 golpes, 25 golpes y 12 golpes respectivamente. Se puede observar que para 56 golpes la pendiente es mayor que la que tiene 12 golpes, esto se debe a que la compactación es mayor.

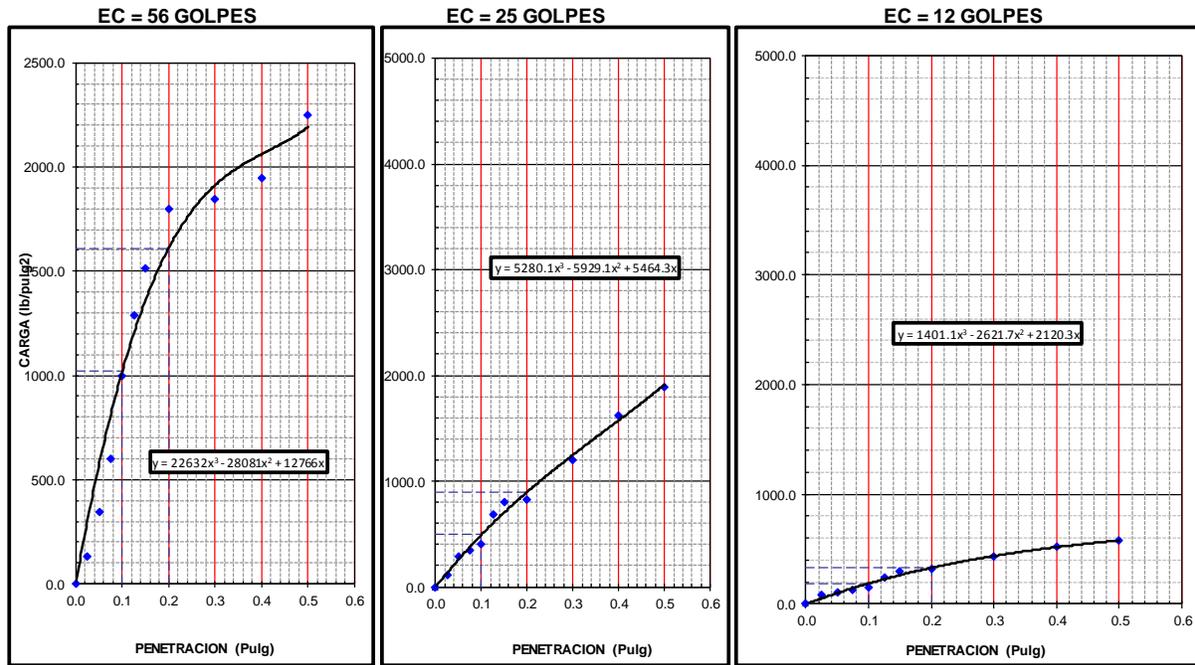


Figura 126 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Primer ensayo.

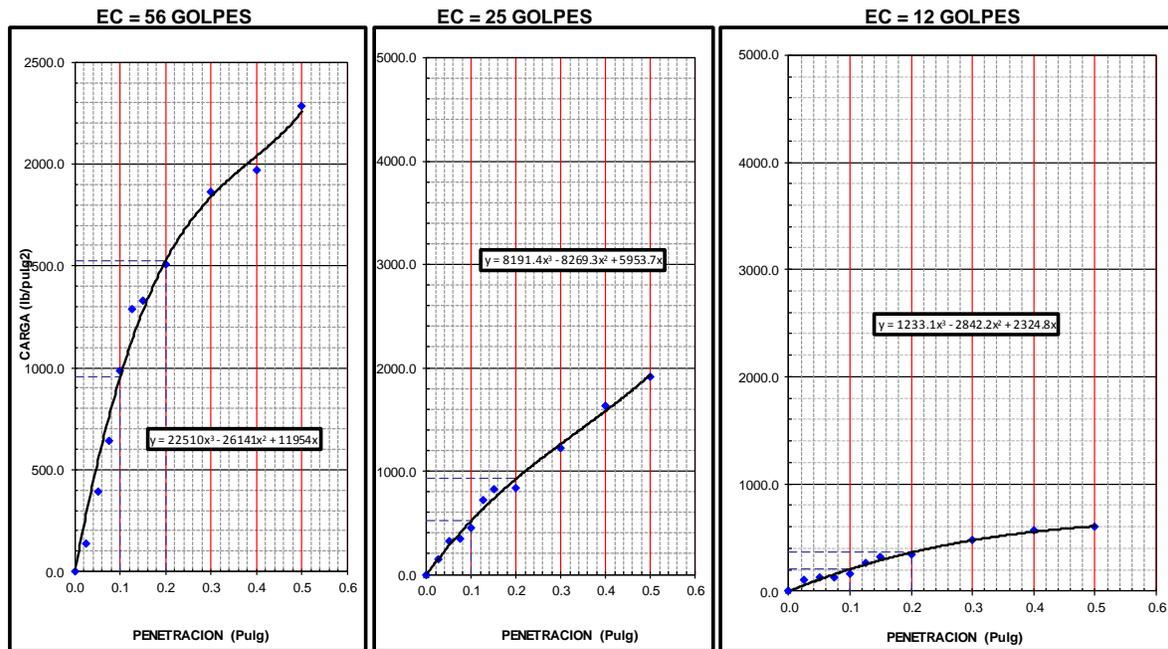


Figura 127 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Segundo ensayo.

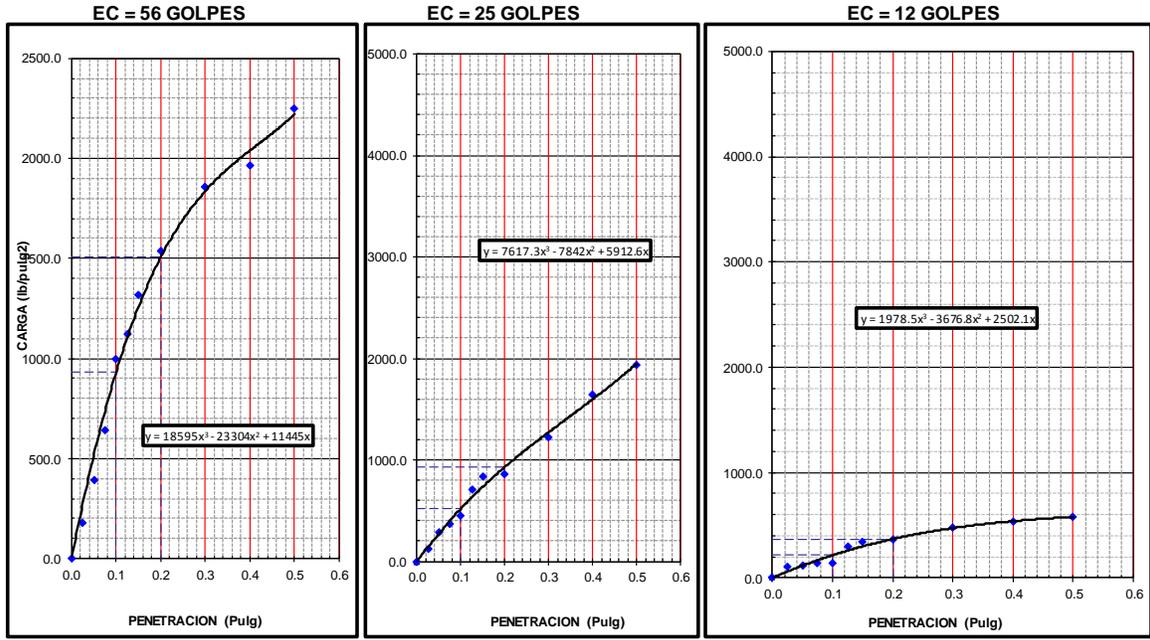


Figura 128 Datos CBR - Penetración vs carga – 56, 25 y 12 golpes – Tercer ensayo.

En las figuras se muestran CBR vs densidad seca a un 95% y 100% de la máxima densidad seca para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

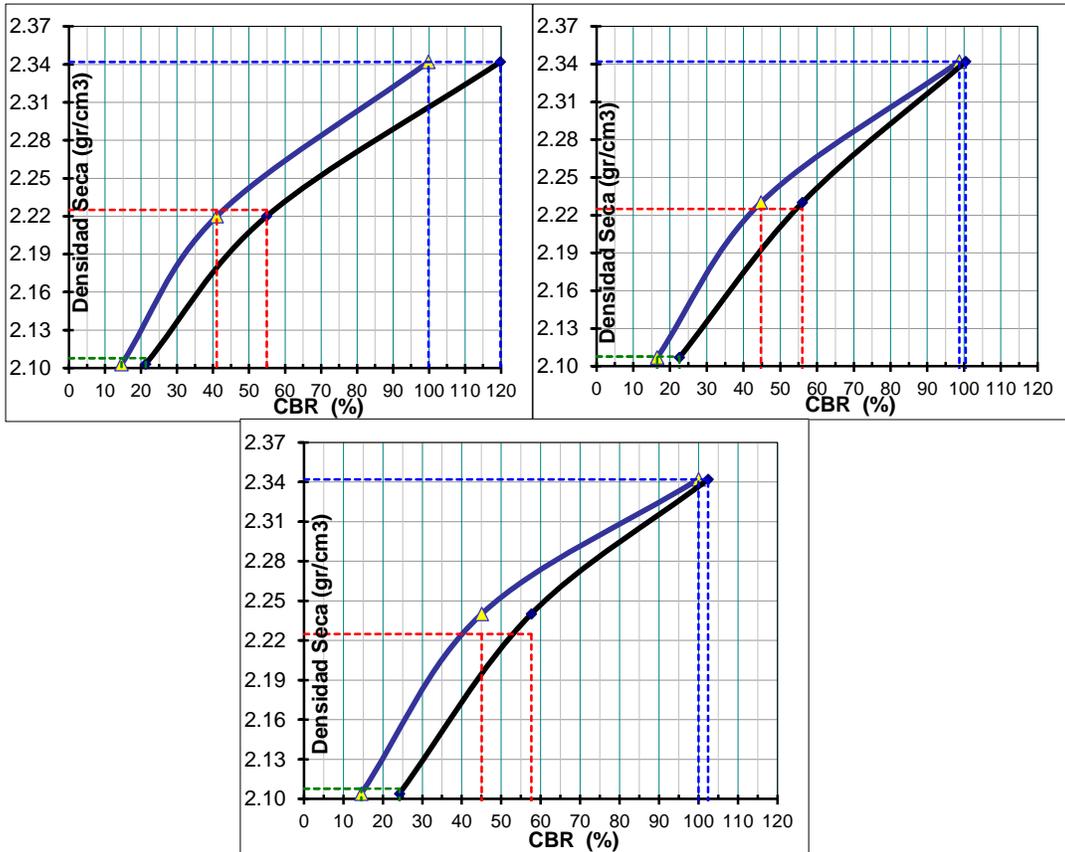


Figura 129 CBR vs densidad – Primer, segundo y tercer ensayo.

Finalmente, se obtiene el CBR a un 100% de la máxima densidad seca y CBR a un 95% de la máxima densidad seca, esto a 0.1 pulg de penetración y 0.2 pulg de penetración para el primer, segundo y tercer ensayo respectivamente.

Tabla 204 Resultado CBR al 100% y 95% de MDS - Primer ensayo

ENSAYO	1		2		3	
PROFUNDIDAD	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":	0.1":	0.2":
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	102.3	122.5	101.1	102.5	102.7	104.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	45.7	60.1	44.6	55.9	42.7	55.1

4.8. Análisis de Guilow

Para poder evaluar el fenómeno de bombeo se realizó el ensayo de Guilow el cual consiste en aplicar un chorro de agua con presión estándar a la muestra de CBR ya ensayada y poder medir la pérdida de peso. Para lo cual primero se mide el peso inicial, luego se procede a ensayar la muestra mediante el ensayo de Guilow por 15 minutos en el cual se le aplica un chorro de agua a presión constante, luego se mide la erosión causada por el chorro de agua (Profundidad y diámetro), para luego secar al horno durante 24 horas a 120°C y medir el peso final.

En la siguiente tabla se aprecia los resultados del ensayo de Guilow de las muestras.

Tabla 205 Resultados ensayo de Guilow

TABLA GENERAL DE RESULTADOS							
R A/C	1.75	P.inicial kg	Profundidad	Ø	Peso final	P. de peso	P. de peso (%)
% CEM	MUESTRA	(kg)	(mm)	(mm)	(kg)	(gramos)	
0.50%	M_1A0	4.353	43	67	3.778	57.5	13.2
0.50%	M_1A1	4.350	42	68	3.768	58.2	13.4
0.50%	M_1A2	4.347	40	62	3.75	59.7	13.7
0.75%	M_2A0	4.598	39	62	4.065	53.3	11.6
0.75%	M_2A1	4.59	38	63	4.045	54.5	11.9
0.75%	M_2A2	4.595	37	65	4.069	52.6	11.4
1.00%	M_3A0	4.636	37	59	4.135	50.1	10.8
1.00%	M_3A1	4.637	34	60	4.115	52.2	11.3
1.00%	M_3A2	4.63	38	63	4.118	51.2	11.1
1.25%	M_4A0	4.632	35	57	4.169	46.3	10.0

1.25%	M_4A1	4.635	34	56	4.16	47.5	10.2
1.25%	M_4A2	4.639	33	58	4.185	45.4	9.8
1.50%	M_5A0	4.673	35	57	4.206	46.7	10.0
1.50%	M_5A1	4.672	34	56	4.201	47.1	10.1
1.50%	M_5A2	4.67	37	58	4.209	46.1	9.9
R A/C	2.00	P.inicial kg	Profundidad	Ø	Peso final	P. de peso	
%	MUESTRA	(kg)	(mm)	(mm)	(kg)	(gramos)	P. de peso (%)
0.50%	M_1B0	4.847	45	70	4.403	44.4	9.2
0.50%	M_1B1	4.846	46	71	4.42	42.6	8.8
0.50%	M_1B2	4.849	47	68	4.415	43.4	9.0
0.75%	M_2B0	4.85	41	63	4.332	51.8	10.7
0.75%	M_2B1	4.853	43	68	4.325	52.8	10.9
0.75%	M_2B2	4.855	44	60	4.331	52.4	10.8
1.00%	M_3B0	4.891	38	55	4.235	65.6	13.4
1.00%	M_3B1	4.893	39	56	4.225	66.8	13.7
1.00%	M_3B2	4.897	40	59	4.229	66.8	13.6
1.25%	M_4B0	4.866	39	52	4.185	68.1	14.0
1.25%	M_4B1	4.869	41	53	4.171	69.8	14.3
1.25%	M_4B2	4.859	43	58	4.151	70.8	14.6
1.50%	M_5B0	4.866	37	75	4.307	55.9	11.5
1.50%	M_5B1	4.869	38	72	4.302	56.7	11.6
1.50%	M_5B2	4.872	33	71	4.325	54.7	11.2
R A/C	2.25	P.inicial kg	Profundidad	Ø	Peso final	P. de peso	
%	MUESTRA	(kg)	(mm)	(mm)	(kg)	(gramos)	P. de peso (%)
0.50%	M_1C0	4.871	45	70	4.189	68.2	14.0
0.50%	M_1C1	4.87	40	75	4.164	70.6	14.5
0.50%	M_1C2	4.865	41	72	4.151	71.4	14.7
0.75%	M_2C0	4.518	42	66	3.94	57.8	12.8
0.75%	M_2C1	4.511	48	58	3.939	57.2	12.7
0.75%	M_2C2	4.525	42	67	3.929	59.6	13.2
1.00%	M_3C0	4.872	35	50	4.384	48.8	10.0
1.00%	M_3C1	4.881	38	52	4.399	48.2	9.9
1.00%	M_3C2	4.879	39	54	4.375	50.4	10.3
1.25%	M_4C0	4.353	35	57	3.918	43.5	10.0
1.25%	M_4C1	4.345	39	51	3.895	45	10.4
1.25%	M_4C2	4.359	31	59	3.915	44.4	10.2
1.50%	M_5C0	4.598	37	59	4.101	49.7	10.8
1.50%	M_5C1	4.585	36	61	4.095	49	10.7
1.50%	M_5C2	4.589	31	65	4.092	49.7	10.8
R A/C	2.50	P.inicial kg	Profundidad	Ø	Peso final	P. de peso	

% CEM	MUESTRA	(kg)	(mm)	(mm)	(kg)	(gramos)	P. de peso (%)
0.50%	M_1D0	4.636	45	70	3.987	64.9	14.0
0.50%	M_1D1	4.631	41	75	3.975	65.6	14.2
0.50%	M_1D2	4.639	42	72	3.955	68.4	14.7
0.75%	M_2D0	4.632	42	66	4.039	59.3	12.8
0.75%	M_2D1	4.639	45	61	4.041	59.8	12.9
0.75%	M_2D2	4.628	41	62	4.009	61.9	13.4
1.00%	M_3D0	4.673	38	61	4.15	52.3	11.2
1.00%	M_3D1	4.671	39	63	4.135	53.6	11.5
1.00%	M_3D2	4.679	32	65	4.131	54.8	11.7
1.25%	M_4D0	4.619	35	57	4.157	46.2	10.0
1.25%	M_4D1	4.62	31	54	4.151	46.9	10.2
1.25%	M_4D2	4.625	36	56	4.145	48	10.4
1.50%	M_5D0	4.598	38	61	4.083	51.5	11.2
1.50%	M_5D1	4.585	39	59	4.059	52.6	11.5
1.50%	M_5D2	4.589	31	58	4.065	52.4	11.4
R A/C	2.75	P.inicial kg	Profundidad	Ø	Peso final	P. de peso	P. de peso (%)
% CEM	MUESTRA	(kg)	(mm)	(mm)	(kg)	(gramos)	
0.50%	M_1E0	4.765	47	73	4.06	70.5	14.8
0.50%	M_1E1	4.761	45	74	4.051	71	14.9
0.50%	M_1E2	4.769	41	72	4.081	68.8	14.4
0.75%	M_2E0	4.562	43	67	3.96	60.2	13.2
0.75%	M_2E1	4.561	45	69	3.945	61.6	13.5
0.75%	M_2E2	4.569	41	61	3.969	60	13.1
1.00%	M_3E0	4.602	35	57	4.142	46	10.0
1.00%	M_3E1	4.598	39	55	4.131	46.7	10.2
1.00%	M_3E2	4.591	40	51	4.136	45.5	9.9
1.25%	M_4E0	4.671	36	58	4.185	48.6	10.4
1.25%	M_4E1	4.678	31	59	4.189	48.9	10.5
1.25%	M_4E2	4.675	33	51	4.169	50.6	10.8
1.50%	M_5E0	4.73	39	62	4.181	54.9	11.6
1.50%	M_5E1	4.731	39	61	4.179	55.2	11.7
1.50%	M_5E2	4.729	41	60	4.161	56.8	12.0
R A/C	0.00	P.inicial kg	Profundidad	Ø	Peso final	P. de peso	P. de peso (%)
% CEM	MUESTRA	(kg)	(mm)	(mm)	(kg)	(gramos)	
0.00%	M1	4.795	50	78	3.372	142.3	29.7
0.00%	M2	4.789	51	79	3.362	142.7	29.8
0.00%	M3	4.777	53	81	3.382	139.5	29.2

4.9. Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1" Con A/C =1.75

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores de CBR obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 1.75.

Tabla 206 Análisis estadístico CBR al 100% a 0.1" con a/c = 1.75

	% DE CEMENTO EN PESO		Estadístico	Error estándar	
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 1.75	0,50	Media		99,8667	0,31798
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	98,4985	
			Límite superior	101,2348	
		Mediana		99,9000	
		Varianza		0,303	
		Desviación estándar		0,55076	
		Mínimo		99,30	
		Máximo		100,40	
	0,75	Media		103,1667	0,56075
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	100,7539	
			Límite superior	105,5794	
		Mediana		103,4000	
		Varianza		0,943	
		Desviación estándar		0,97125	
		Mínimo		102,10	
		Máximo		104,00	
	1,00	Media		105,0000	0,26458
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	103,8616	
			Límite superior	106,1384	
		Mediana		104,9000	
		Varianza		,0210	
		Desviación estándar		0,45826	
		Mínimo		104,60	
		Máximo		105,50	
	1,25	Media		106,8333	0,26034
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	105,7132	
			Límite superior	107,9535	

		Mediana	106,8000	
		Varianza	,203	
		Desviación estándar	,45092	
		Mínimo	106,40	
		Máximo	107,30	
	1,50	Media	107,4333	0,18559
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	106,6348
			Límite superior	108,2319
		Mediana	107,3000	
		Varianza	0,103	
		Desviación estándar	0,32146	
		Mínimo	107,20	
		Máximo	107,80	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 207 Pruebas de normalidad CBR al 100% a 0.1" con a/c = 1.75

Pruebas de normalidad del valor CBR			
	% DE CEMENTO EN PESO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 1.75	0,50	3	0,900
	0,75	3	0,600
	1,00	3	0,637
	1,25	3	0,878
	1,50	3	0,298

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

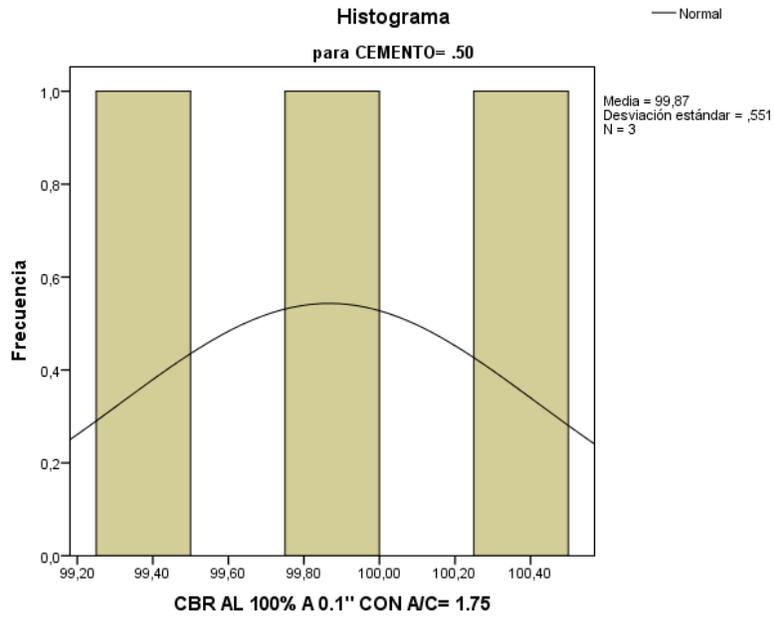


Figura 130 Histograma 0.5% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 1.75

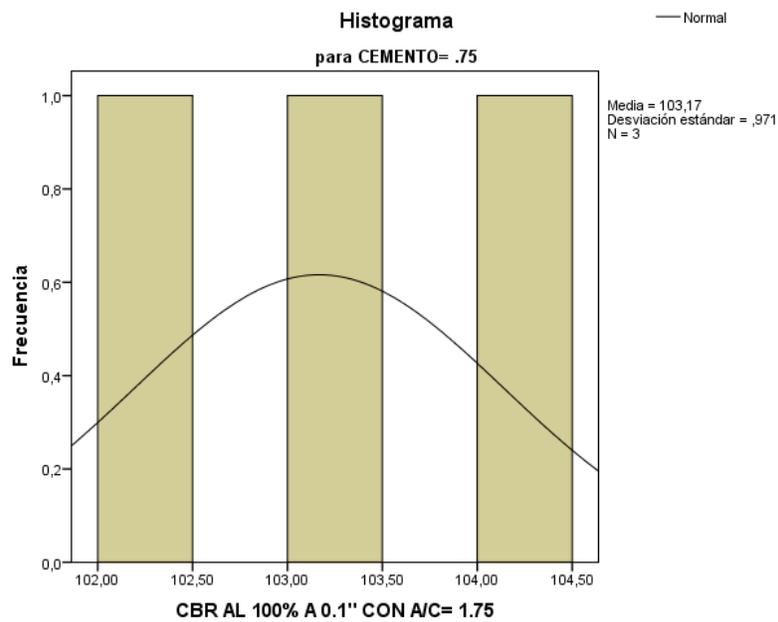


Figura 131 Histograma 0.75% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 1.75

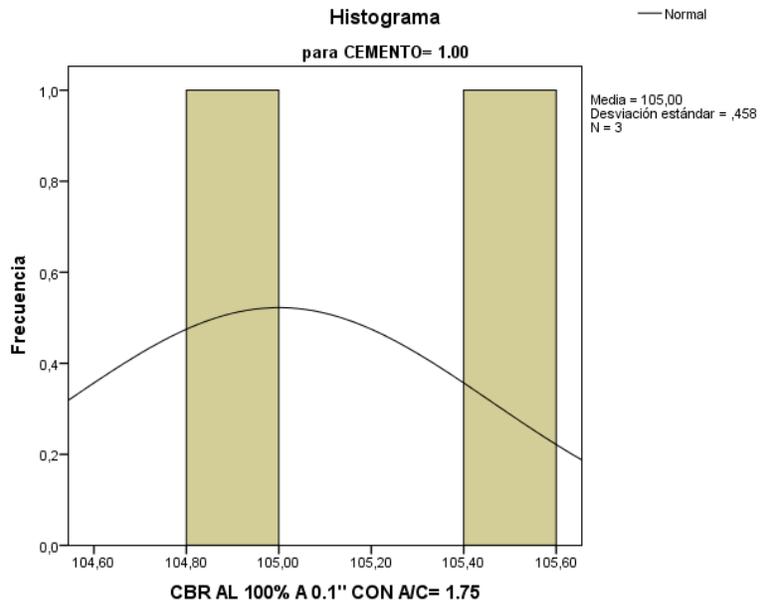


Figura 132 Histograma 1.0% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 1.75

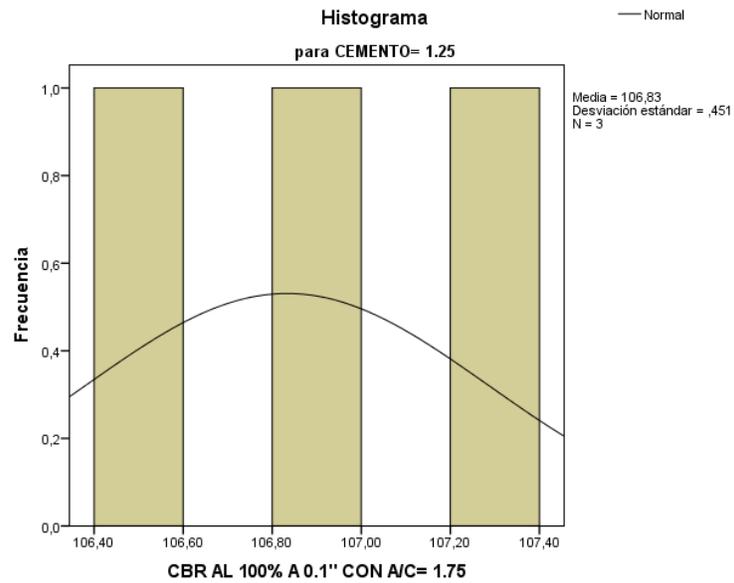


Figura 133 Histograma 1.25% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 1.75

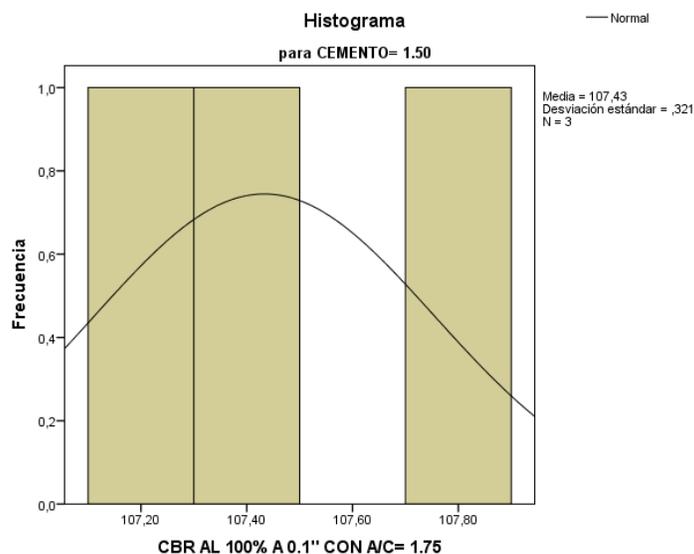


Figura 134 Histograma 1.5% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 1.75

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 208 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = -1$	Correlación perfecta
$r = +0.8 - -1$	Muy alta
$r = +0.6 - +0.8$	Alta
$r = +0.4 - +0.6$	Moderada
$r = +0.2 - +0.4$	Baja
$r = 0 - +0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = 0.956$ el cual indica una correlación muy alta.

Tabla 209 Correlación de % de cemento en peso con CBR al 100% a 0.1" con a/c = 1.75

Correlaciones		
	% DE CEMENTO EN PESO	CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 1.75

% DE CEMENTO EN PESO	Correlación de Pearson	1	0,956**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 1.75	Correlación de Pearson	0,956**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.967$ el cual indica una confiabilidad alta.

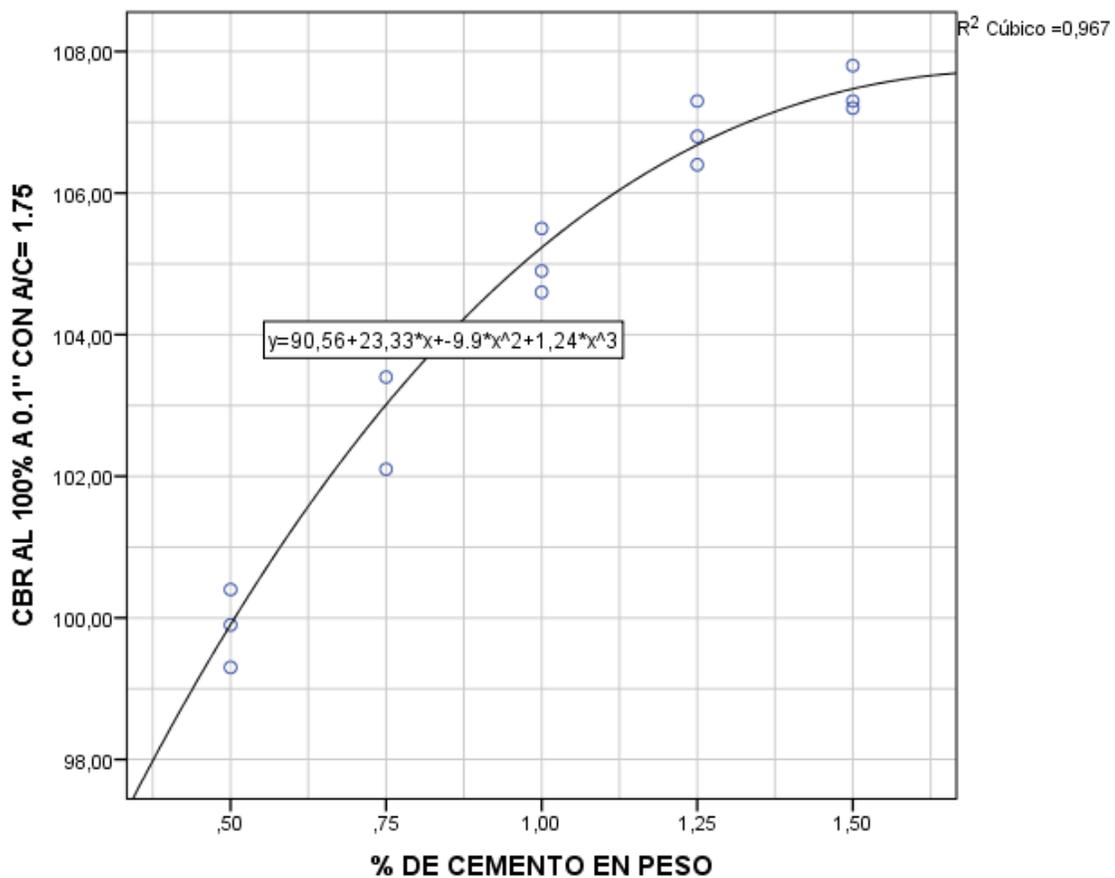


Figura 135 Curva tendencia % de cemento en peso vs CBR al 100% a 0.1" con a/c=1.75

4.10. Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1" Con A/C = 2.0

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores de CBR obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.0.

Tabla 210 Análisis estadístico CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.0

	% DE CEMENTO EN PESO		Estadístico	Error estándar	
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.0	0,50	Media		112,6667	0,58119
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	110,1660	
			Límite superior	115,1673	
		Mediana		112,8000	
		Varianza		1,013	
		Desviación estándar		1,00664	
		Mínimo		111,60	
		Máximo		113,60	
		0,75	Media		105,8667
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	104,3693	
			Límite superior	107,3640	
	Mediana		105,8000		
	Varianza		0,363		
	Desviación estándar		0,60277		
	Mínimo		105,30		
	Máximo		106,50		
	1,00		Media		100,9333
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	99,1885	
			Límite superior	102,6781	
		Mediana		101,0000	
		Varianza		0,493	
		Desviación estándar		0,70238	
		Mínimo		100,20	
		Máximo		101,60	
		1,25	Media		95,5000
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	93,9487	
			Límite superior	97,0513	
	Mediana		95,7000		

		Varianza	,390	
		Desviación estándar	,62450	
		Mínimo	94,80	
		Máximo	96,00	
	1,50	Media	103,7667	0,33830
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	102,3111
			Límite superior	105,2222
		Mediana	104,0000	
		Varianza	0,343	
		Desviación estándar	,58595	
		Mínimo	103,10	
		Máximo	104,20	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 211 Pruebas de normalidad CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.0

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO EN PESO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.0	0,50	3	0,780
	0,75	3	0,817
	1,00	3	0,843
	1,25	3	0,463
	1,50	3	0,328

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

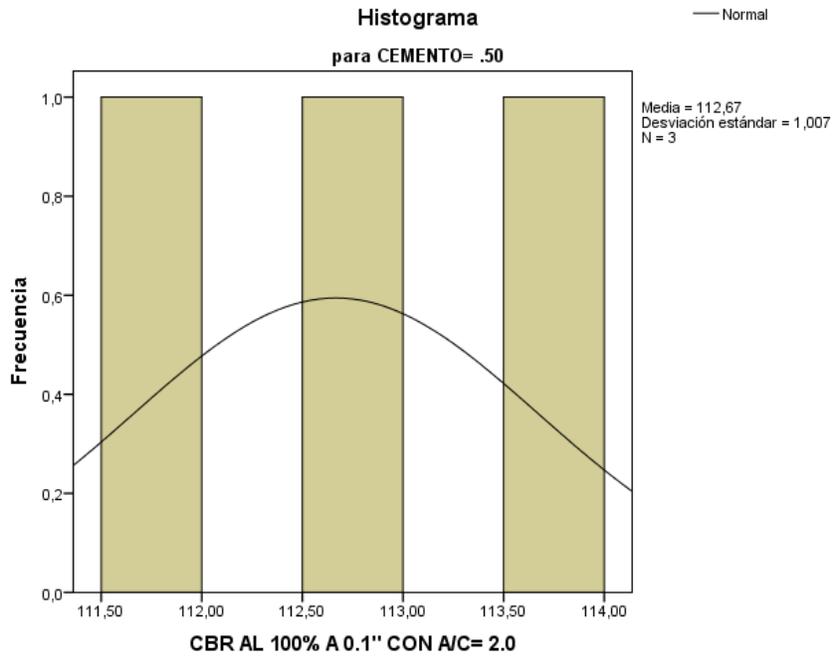


Figura 136 Histograma 0.5% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.0

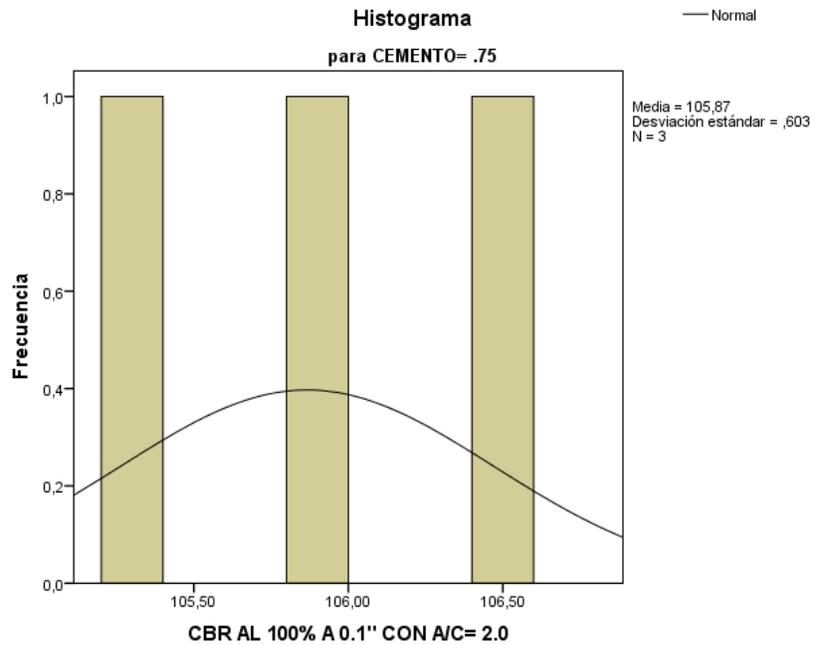


Figura 137 Histograma 0.75% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.0

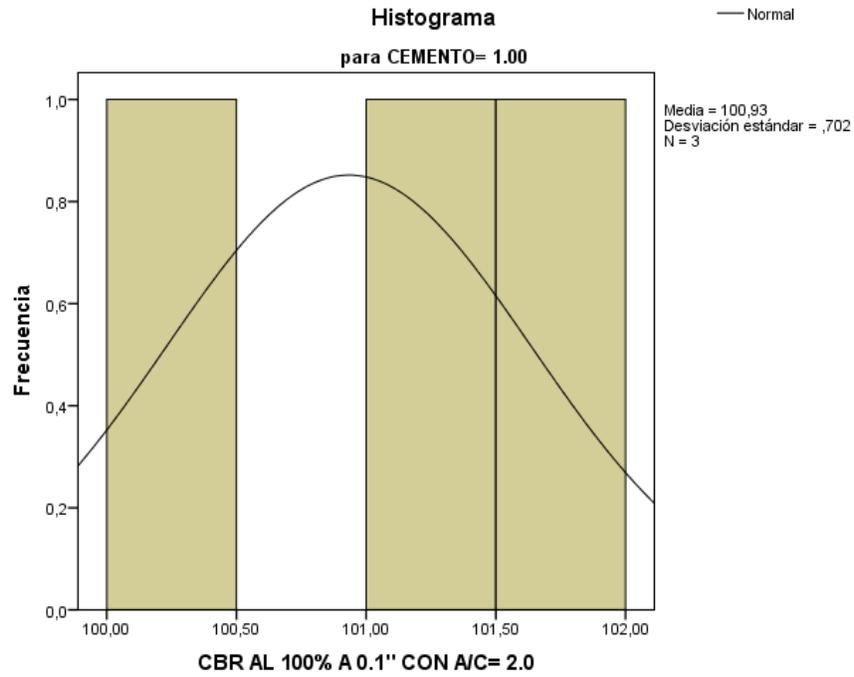


Figura 138 Histograma 1.0% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.0

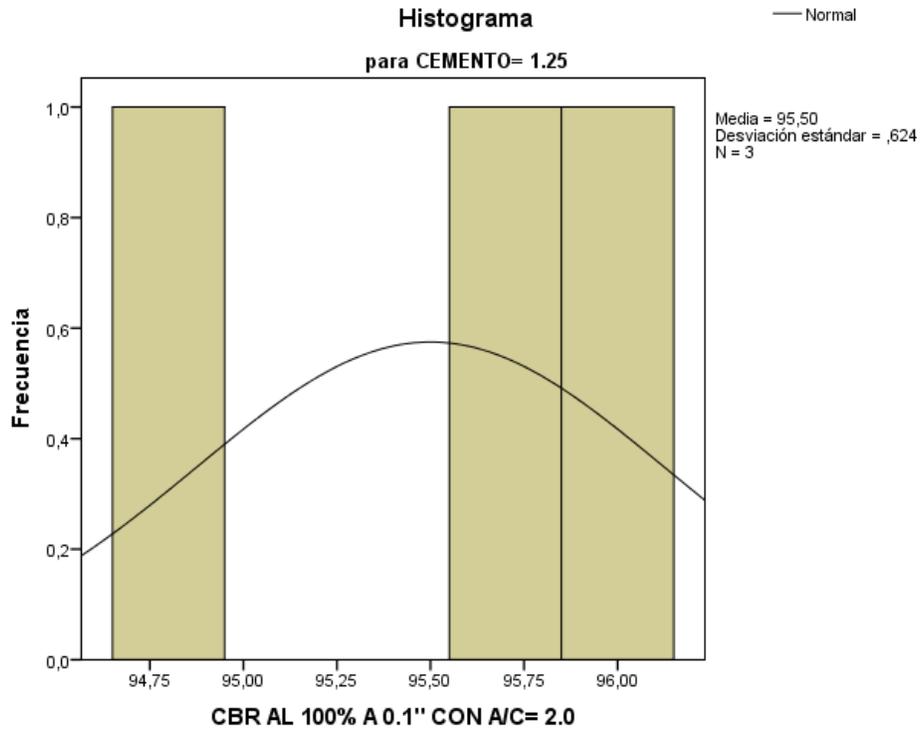


Figura 139 Histograma 1.25% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.0

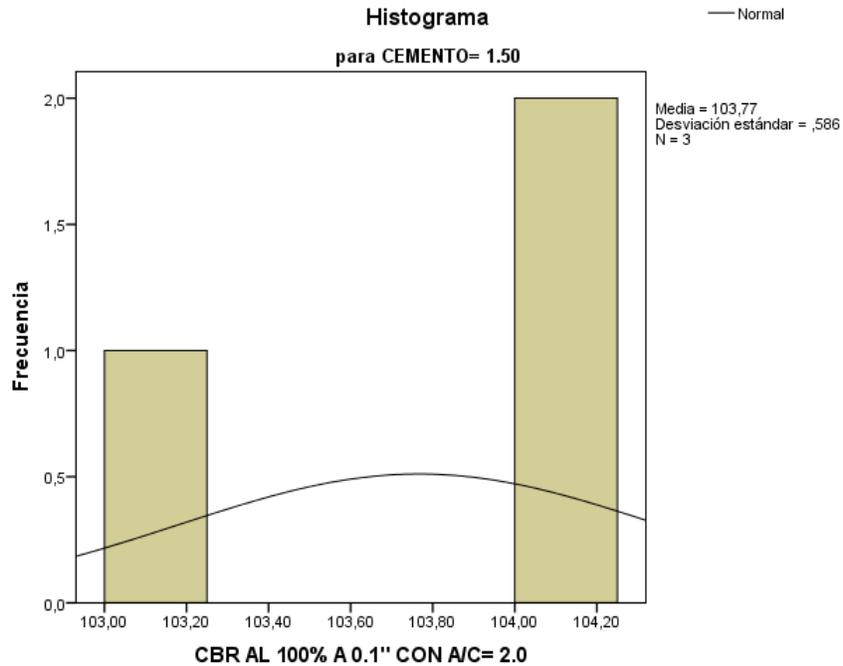


Figura 140 Histograma 1.5% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.0

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 212 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor R = -0.7 el cual indica una correlación alta.

Tabla 213 Correlación de % de cemento en peso con CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2

Correlaciones			
		% DE CEMENTO EN PESO	CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.0
% DE CEMENTO EN PESO	Correlación de Pearson	1	-0,700**
	Sig. (bilateral)		0,004
	N	15	15
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.0	Correlación de Pearson	-0,700**	1
	Sig. (bilateral)	0,004	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.965$ el cual indica una confiabilidad alta.

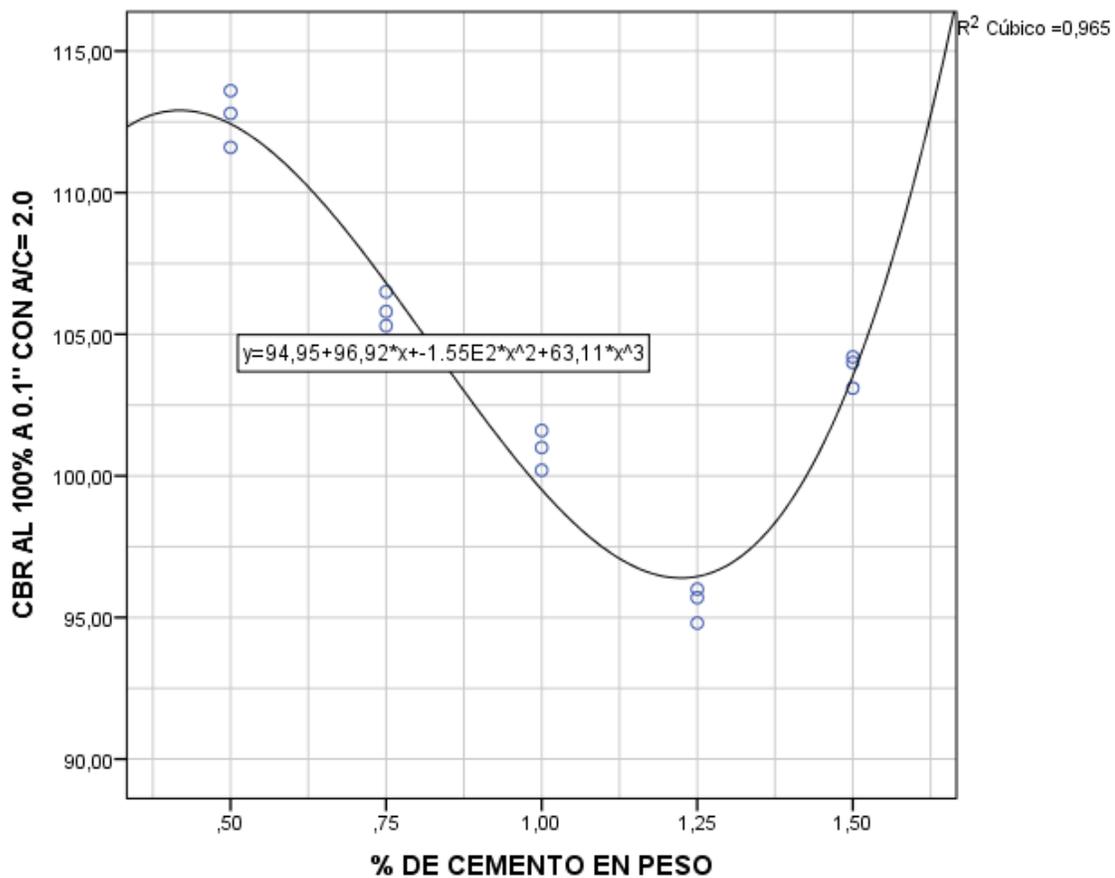


Figura 141 Curva tendencia % de cemento en peso vs CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2

4.11. Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1" Con A/C = 2.25

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores de CBR obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.25.

Tabla 214 Análisis estadístico CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.25

	% DE CEMENTO EN PESO		Estadístico	Error estándar	
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.25	,50	Media		94,8000	0,46188
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	92,8127	
			Límite superior	96,7873	
		Mediana		94,8000	
		Varianza		0,640	
		Desviación estándar		0,80000	
		Mínimo		94,00	
		Máximo		95,60	
		,75	Media		96,9000
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	95,8172	
			Límite superior	97,9828	
	Mediana		97,1000		
	Varianza		0,190		
	Desviación estándar		0,43589		
	Mínimo		96,40		
	Máximo		97,20		
	1,00		Media		107,1667
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	106,4078	
			Límite superior	107,9256	
		Mediana		107,1000	
		Varianza		0,093	
		Desviación estándar		0,30551	
		Mínimo		106,90	
		Máximo		107,50	
		1,25	Media		107,0333
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	106,2348	
			Límite superior	107,8319	
	Mediana		106,9000		

		Varianza		0,103	
		Desviación estándar		0,32146	
		Mínimo		106,80	
		Máximo		107,40	
	1,50	Media		105,2667	0,14530
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	104,6415	
			Límite superior	105,8918	
		Mediana		105,3000	
		Varianza		,063	
		Desviación estándar		,25166	
		Mínimo		105,00	
	Máximo		105,50		

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 215 Pruebas de normalidad CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.25

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO EN PESO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.25	0,50	3	1,000
	0,75	3	0,220
	1,00	3	0,637
	1,25	3	0,298
	1,50	3	0,780

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

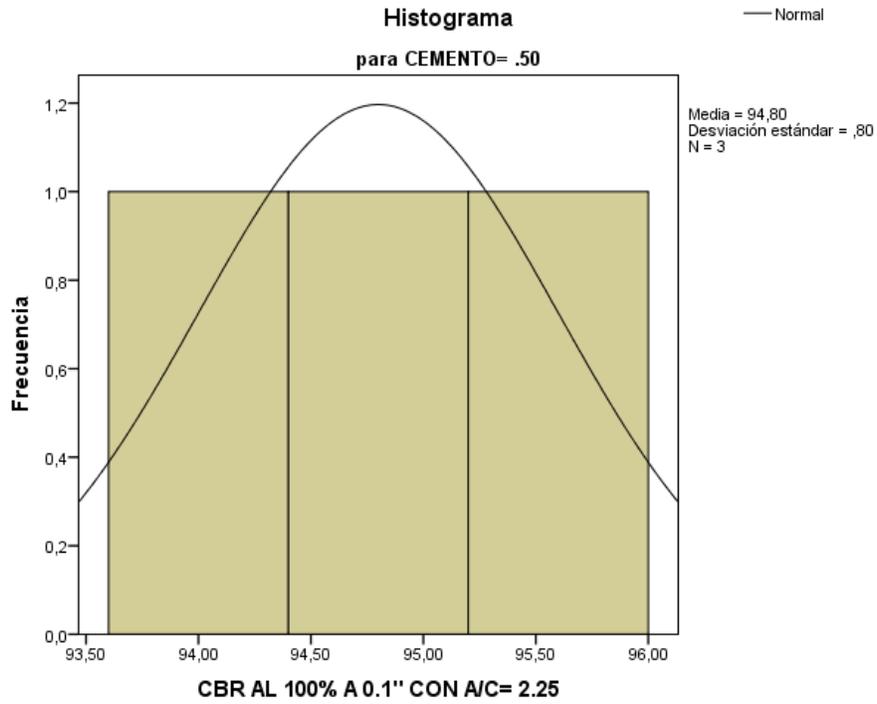


Figura 142 Histograma 0.5% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.25

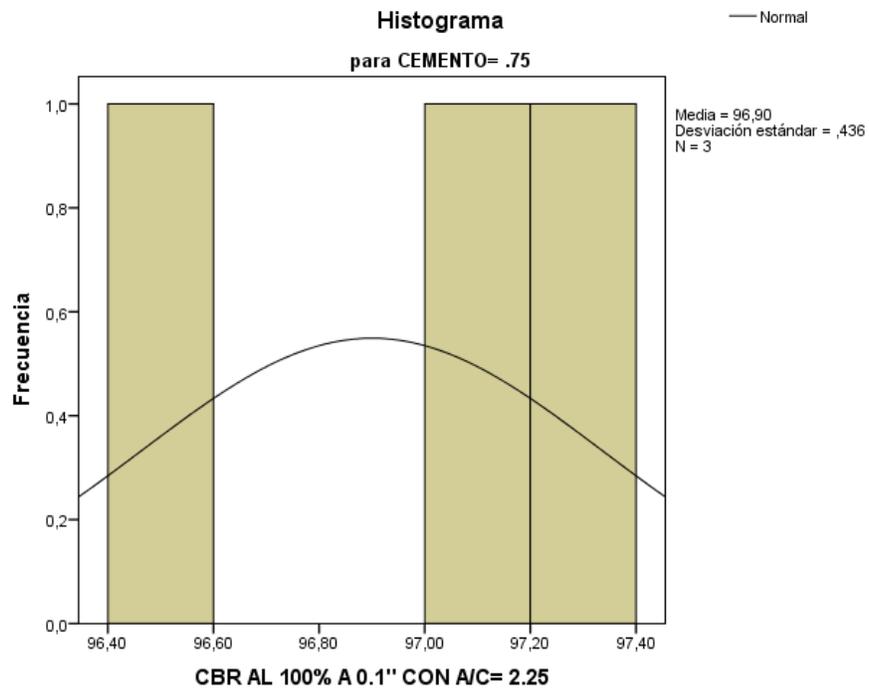


Figura 143 Histograma 0.75% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.25

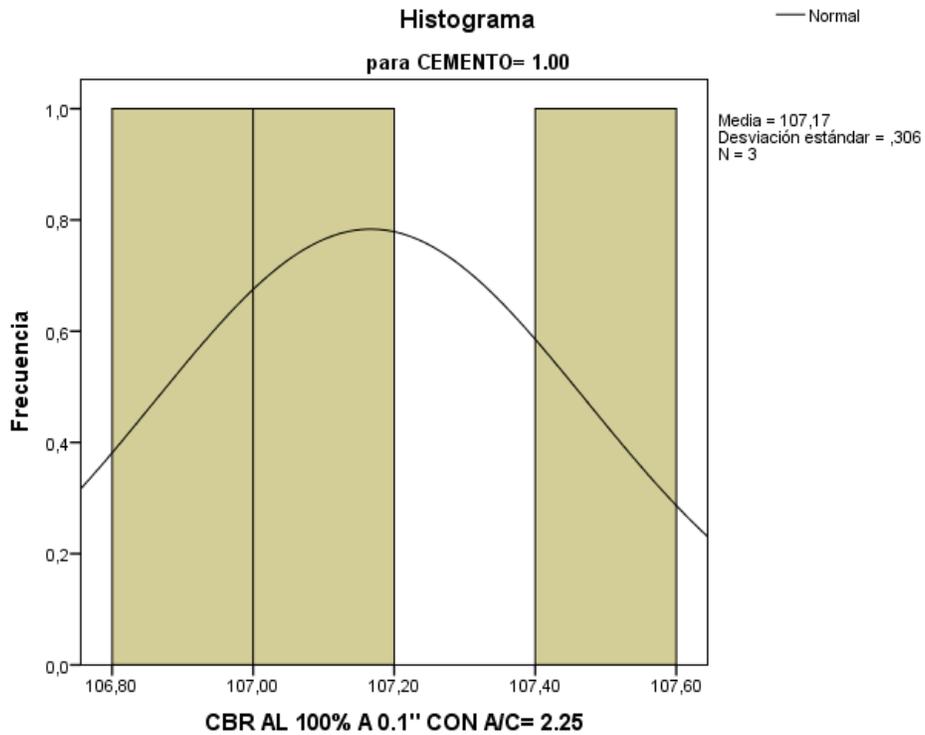


Figura 144 Histograma 1.0% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.25

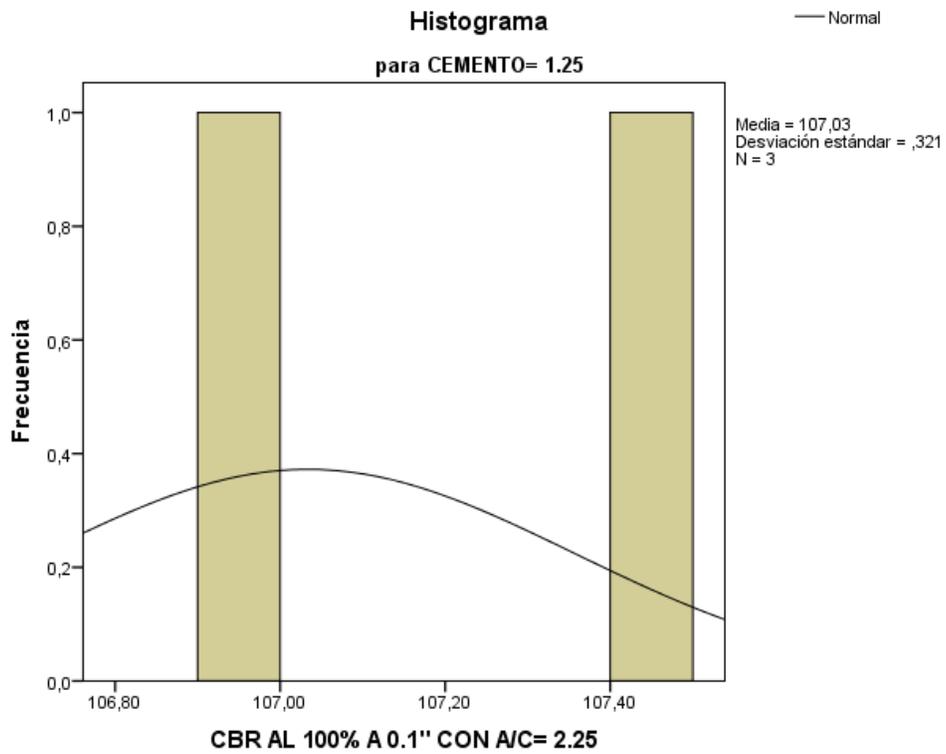


Figura 145 Histograma 1.25% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.25

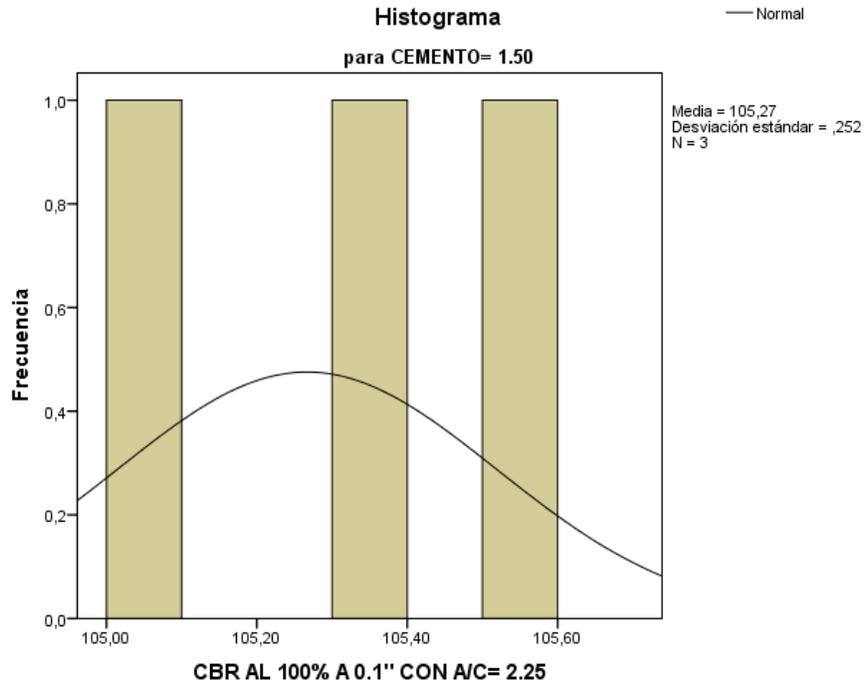


Figura 146 Histograma 1.5% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.25

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 216 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = 0.827$ el cual indica una correlación muy alta.

Tabla 217 Correlación de % de cemento en peso con CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.25

Correlaciones			
		% DE CEMENTO EN PESO	CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.25
% DE CEMENTO EN PESO	Correlación de Pearson	1	0,827**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.25	Correlación de Pearson	0,827**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.919$ el cual indica una confiabilidad alta.

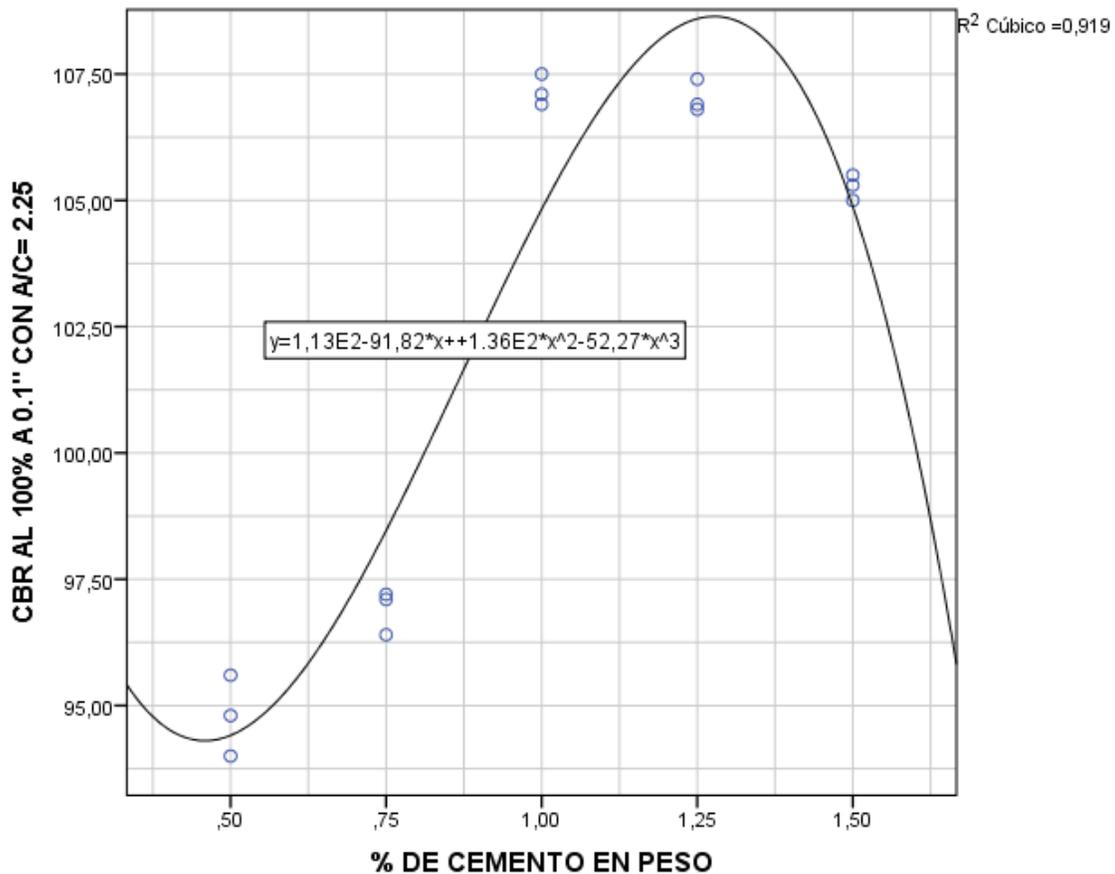


Figura 147 Curva tendencia % de cemento en peso vs CBR al 100% a 0.1" con a/c =2.25

4.12. Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1" Con A/C = 2.50

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores de CBR obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.50.

Tabla 218 Análisis estadístico CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.5

	% DE CEMENTO EN PESO		Estadístico	Error estándar		
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.5	0,50	Media		94,8667	0,08819	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	94,4872		
			Límite superior	95,2461		
		Mediana		94,9000		
		Varianza		0,023		
		Desviación estándar		0,15275		
		Mínimo		94,70		
		Máximo		95,00		
		0,75	Media			97,3667
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	96,6078		
			Límite superior	98,1256		
	Mediana		97,3000			
	Varianza		0,093			
	Desviación estándar		0,30551			
	Mínimo		97,10			
	Máximo		97,70			
	1,00		Media		103,1333	0,18559
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	102,3348		
			Límite superior	103,9319		
		Mediana		103,0000		
		Varianza		,103		
		Desviación estándar		,32146		
		Mínimo		102,90		
		Máximo		103,50		
		1,25	Media		107,2000	
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	105,9579		
			Límite superior	108,4421		

		Mediana	107,2000	
		Varianza	0,250	
		Desviación estándar	0,50000	
		Mínimo	106,70	
		Máximo	107,70	
	1,50	Media	102,7667	0,39299
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	101,0757
			Límite superior	104,4576
		Mediana	103,0000	
		Varianza	0,463	
		Desviación estándar	0,68069	
		Mínimo	102,00	
		Máximo	103,30	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 219 Pruebas de normalidad CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.5

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO EN PESO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.5	,50	3	0,637
	,75	3	0,637
	1,00	3	0,298
	1,25	3	1,000
	1,50	3	0,424

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

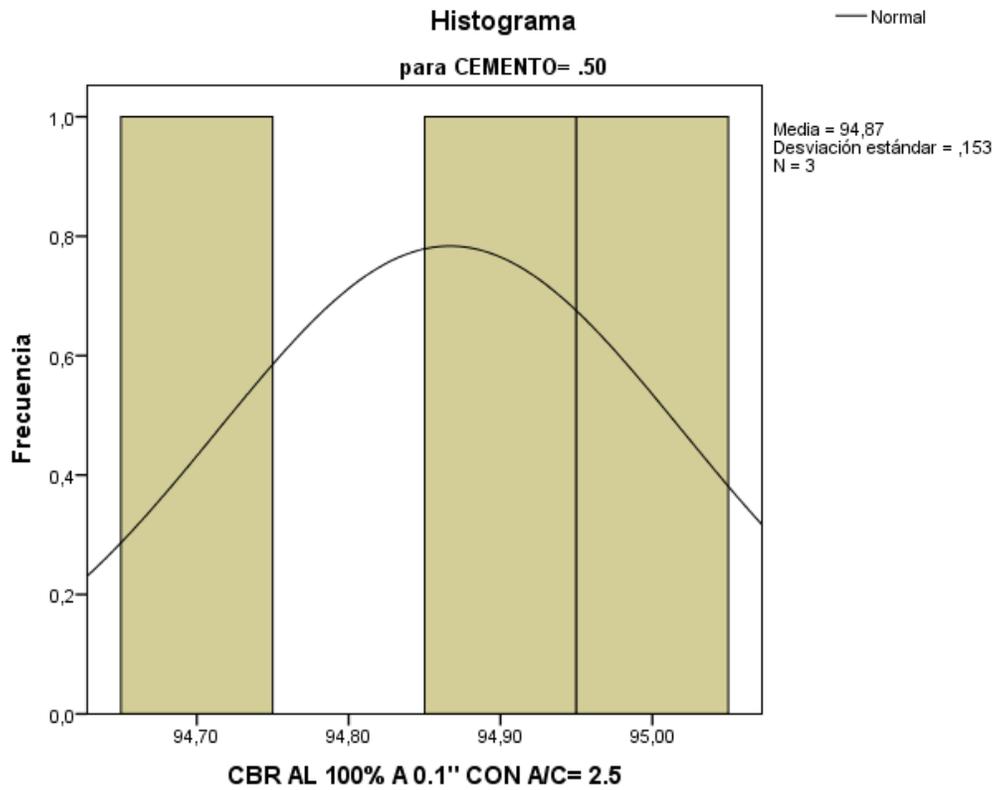


Figura 148 Histograma 0.5% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.5

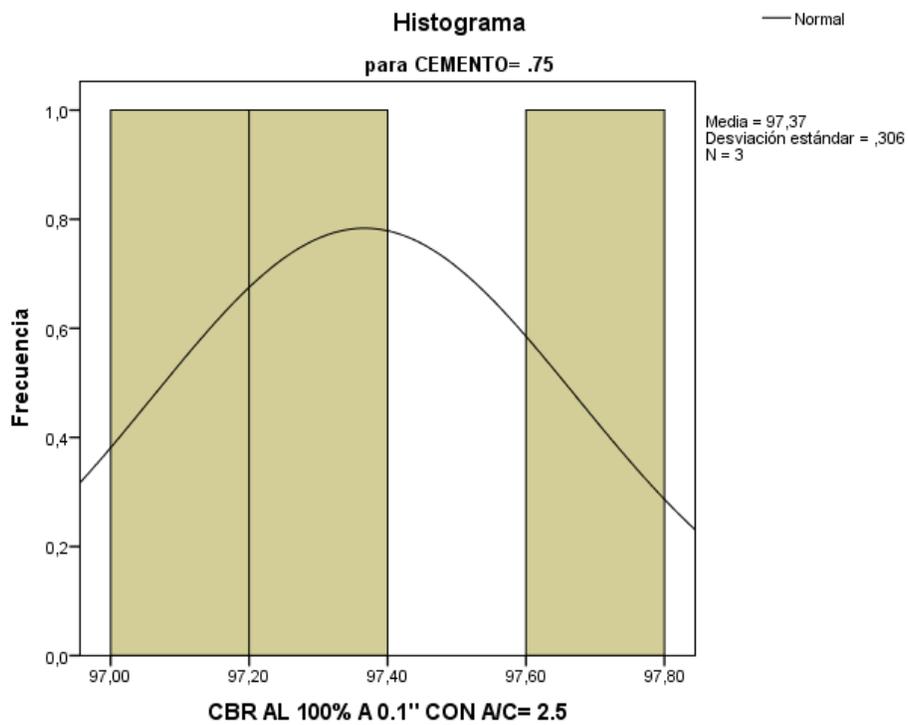


Figura 149 Histograma 0.75% cemento del CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.5

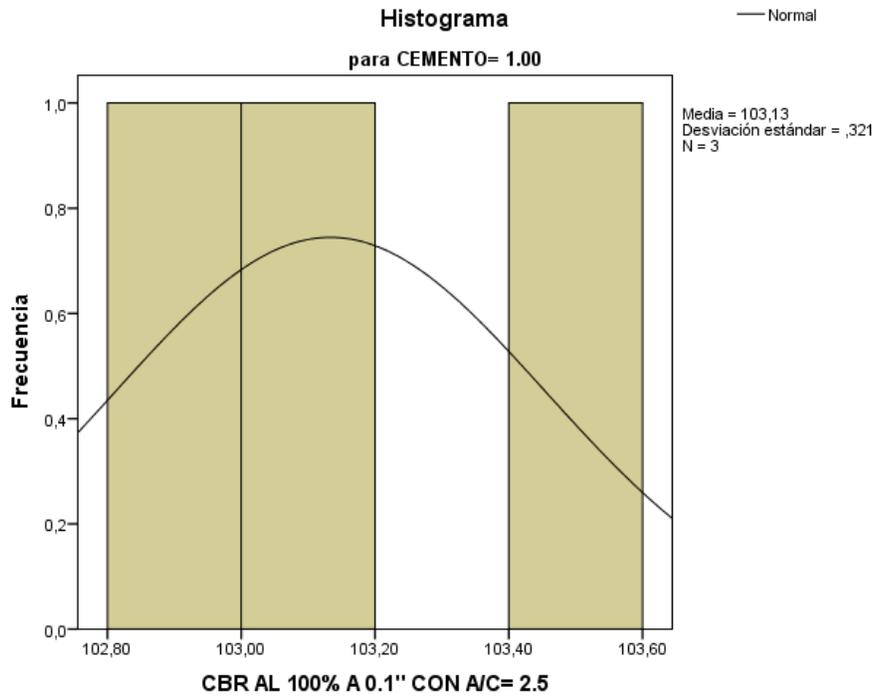


Figura 150 Histograma 1.0% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.5

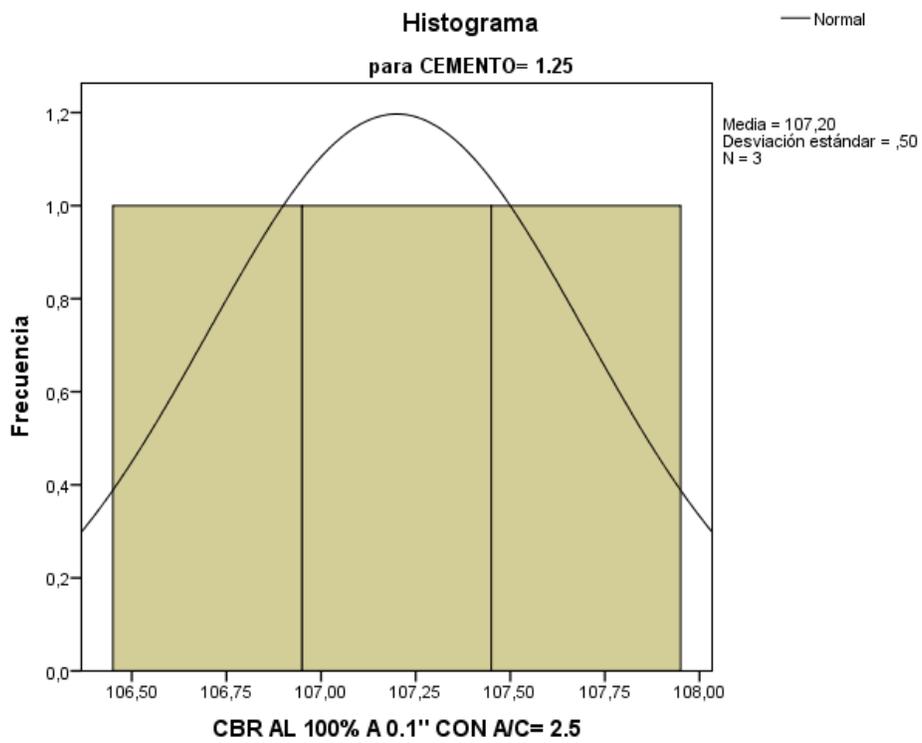


Figura 151 Histograma 1.25% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.5

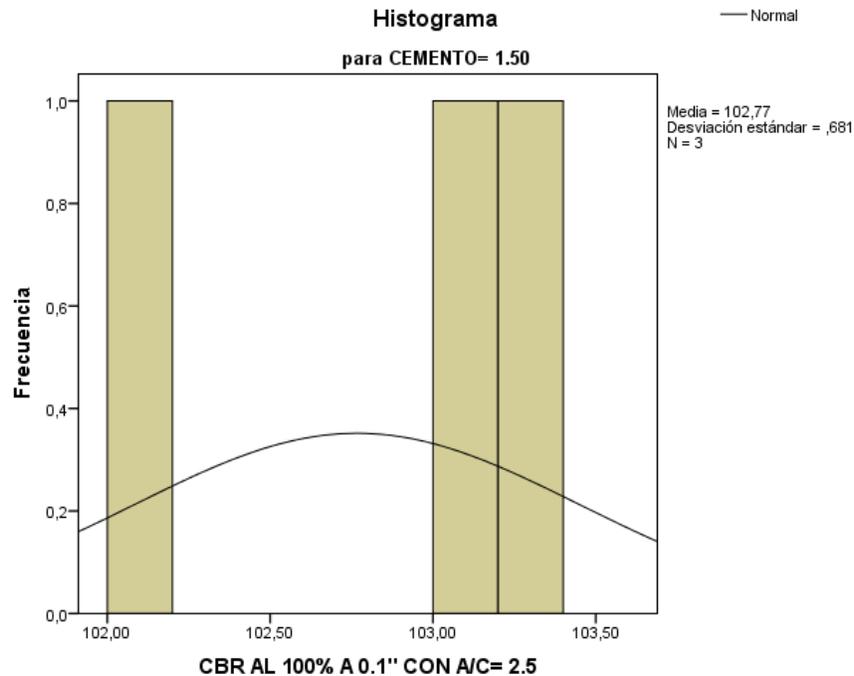


Figura 152 Histograma 1.5% cemento del CBR al 100% a 0.1'' con a/c = 2.5

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 220 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = 0.821$ el cual indica una correlación muy alta.

Tabla 221 Correlación de % de cemento en peso con CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.5

Correlaciones			
		% DE CEMENTO EN PESO	CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.5
% DE CEMENTO EN PESO	Correlación de Pearson	1	0,821**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.5	Correlación de Pearson	0,821**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.993$ el cual indica una confiabilidad alta.

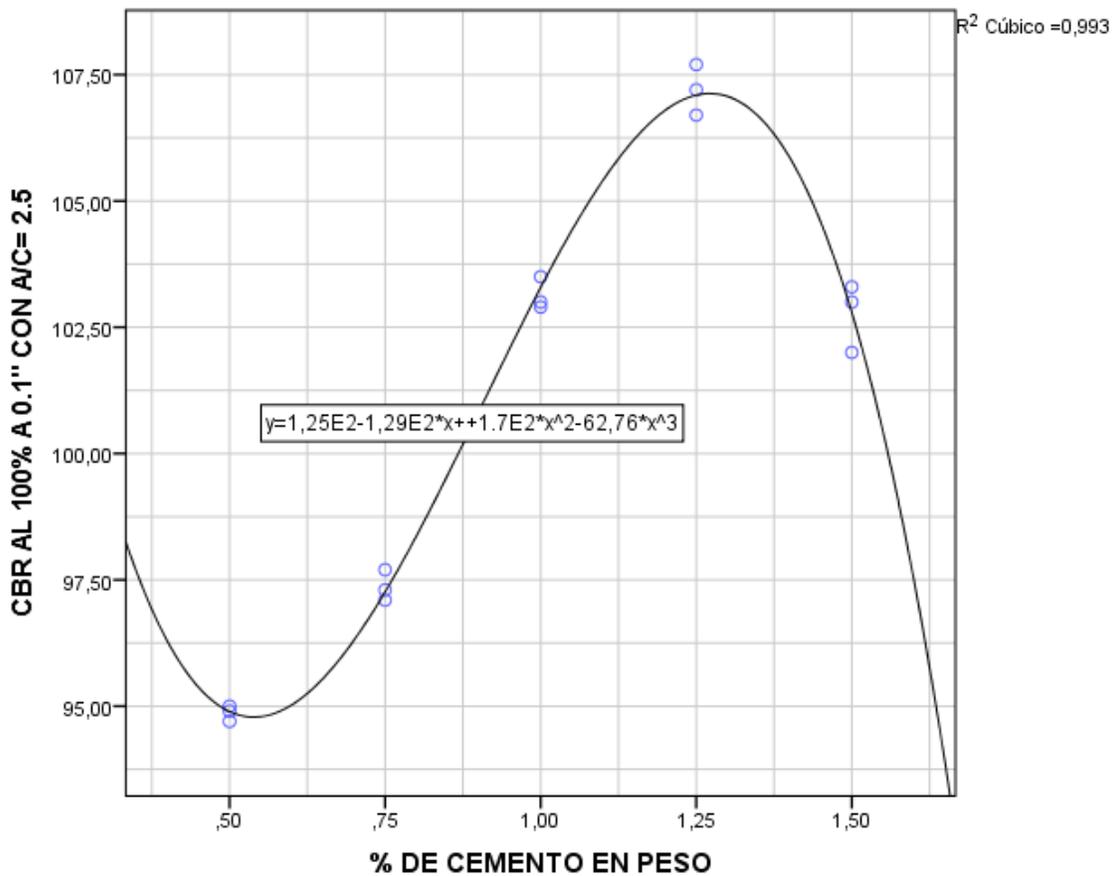


Figura 153 Curva tendencia % de cemento en peso vs CBR al 100% a 0.1" con a/c =2.5

4.13. Análisis Estadístico Cbr Al 100% A 0.1" Con A/C = 2.75

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores de CBR obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.75.

Tabla 222 Análisis estadístico CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.75

	% DE CEMENTO EN PESO		Estadístico	Error estándar	
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.75	,50	Media		92,8000	0,10000
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	92,3697	
			Límite superior	93,2303	
		Mediana		92,7000	
		Varianza		0,030	
		Desviación estándar		0,17321	
		Mínimo		92,70	
		Máximo		93,00	
		,75	Media		95,1333
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	93,8830	
			Límite superior	96,3837	
	Mediana		95,2000		
	Varianza		0,253		
	Desviación estándar		0,50332		
	Mínimo		94,60		
	Máximo		95,60		
	1,00		Media		107,1000
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	105,5487	
			Límite superior	108,6513	
		Mediana		106,9000	
		Varianza		0,390	
		Desviación estándar		0,62450	
		Mínimo		106,60	
		Máximo		107,80	
		1,25	Media		106,5333
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	105,5929	
			Límite superior	107,4738	
	Mediana		106,7000		

		Varianza		0,143	
		Desviación estándar		0,37859	
		Mínimo		106,10	
		Máximo		106,80	
	1,50	Media		102,0333	0,48074
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	99,9649	
			Límite superior	104,1018	
		Mediana		102,3000	
		Varianza		0,693	
		Desviación estándar		0,83267	
		Mínimo		101,10	
		Máximo		102,70	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 223 Pruebas de normalidad CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.75

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO EN PESO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.75	0,50	3	0,000
	,75	3	0,780
	1,00	3	0,463
	1,25	3	0,253
	1,50	3	0,463

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

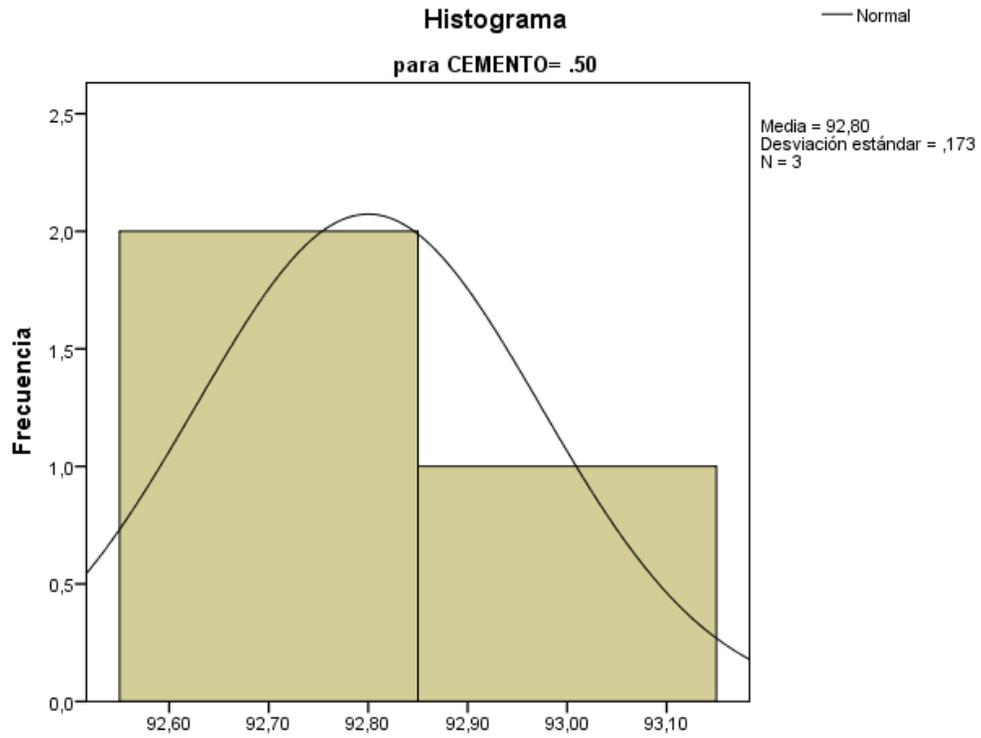


Figura 154 Histograma 0.5% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.75

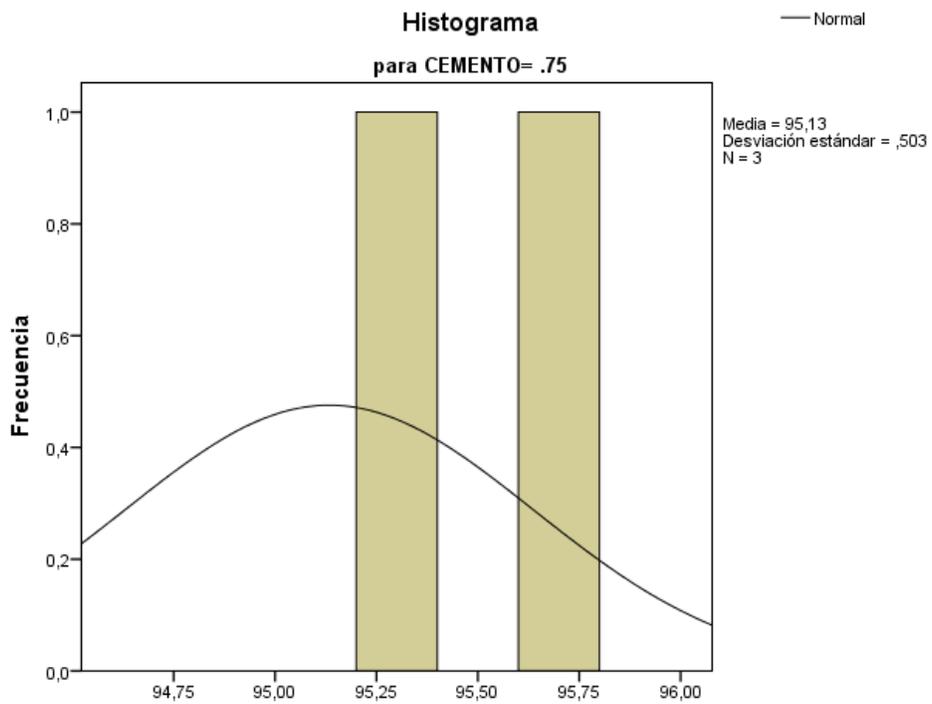


Figura 155 Histograma 0.75% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.75

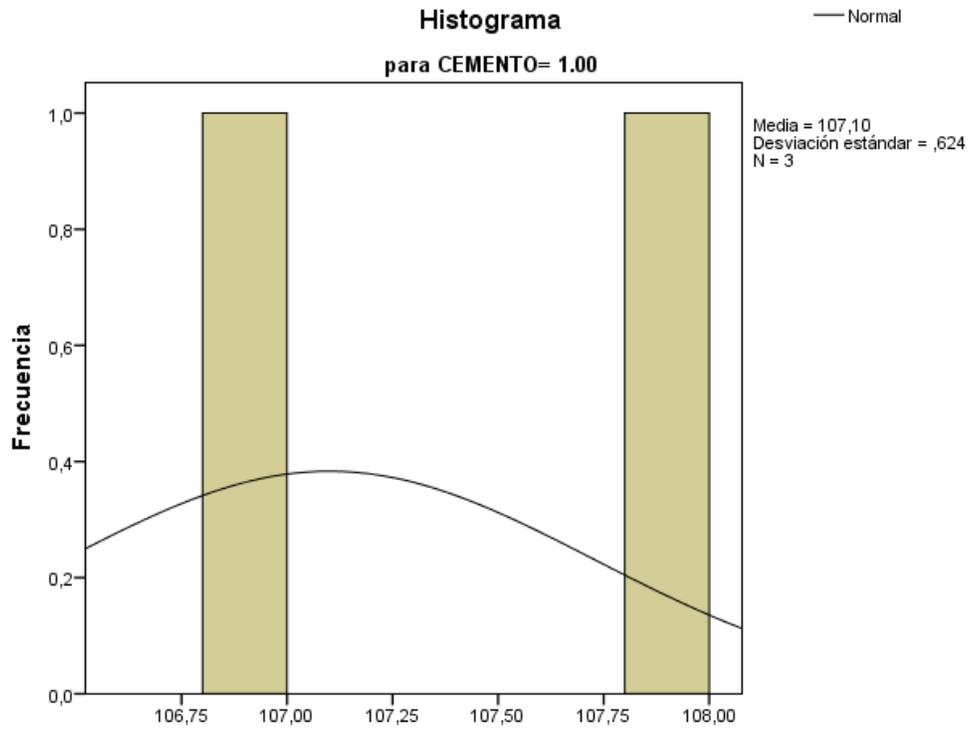


Figura 156 Histograma 1.0% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.75

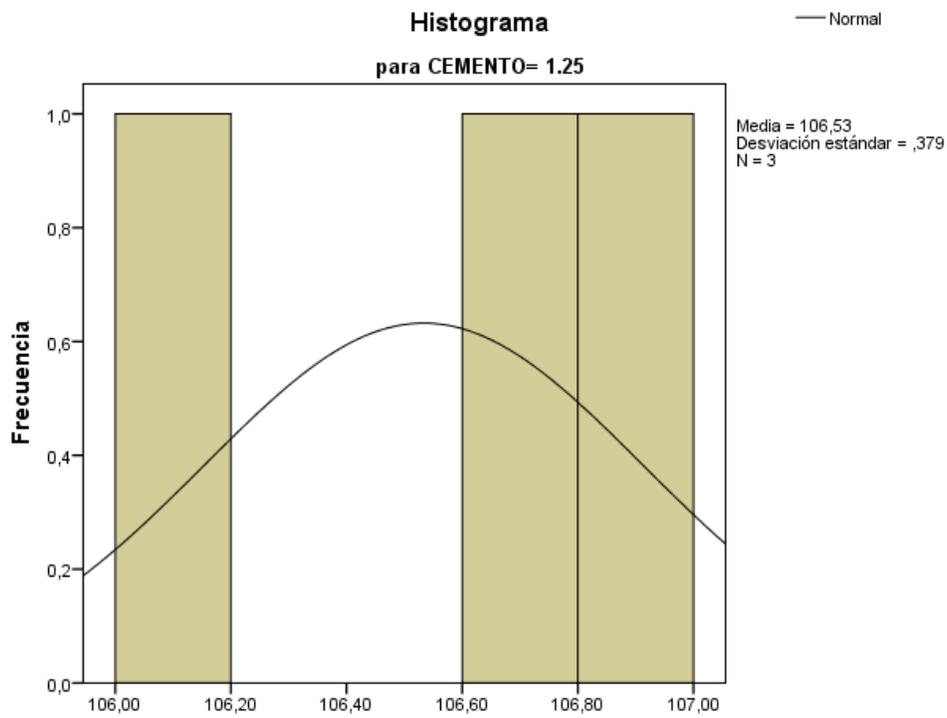


Figura 157 Histograma 1.25% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.75

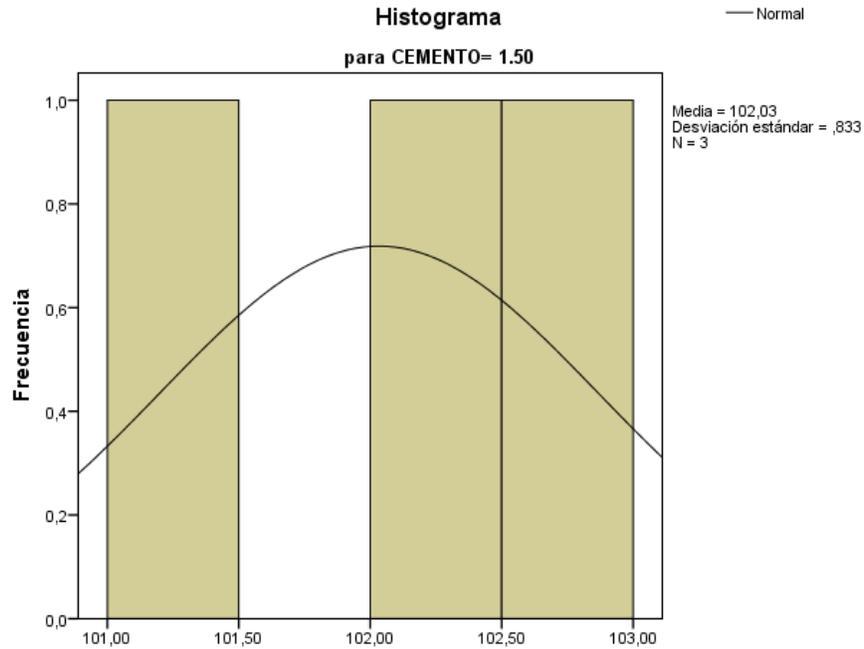


Figura 158 Histograma 1.5% cemento del CBR al 100% a 0.1” con a/c = 2.75

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 224 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = 0.612$ el cual indica una correlación alta.

Tabla 225 Correlación de % de cemento en peso con CBR al 100% a 0.1" con a/c = 2.75

Correlaciones			CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 3.0
Rho de Spearman	% DE CEMENTO EN PESO	Coeficiente de correlación	0,612*
		Sig. (bilateral)	0,015
		N	15
	CBR AL 100% A 0.1" CON A/C= 2.75	Coeficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.993$ el cual indica una confiabilidad alta.

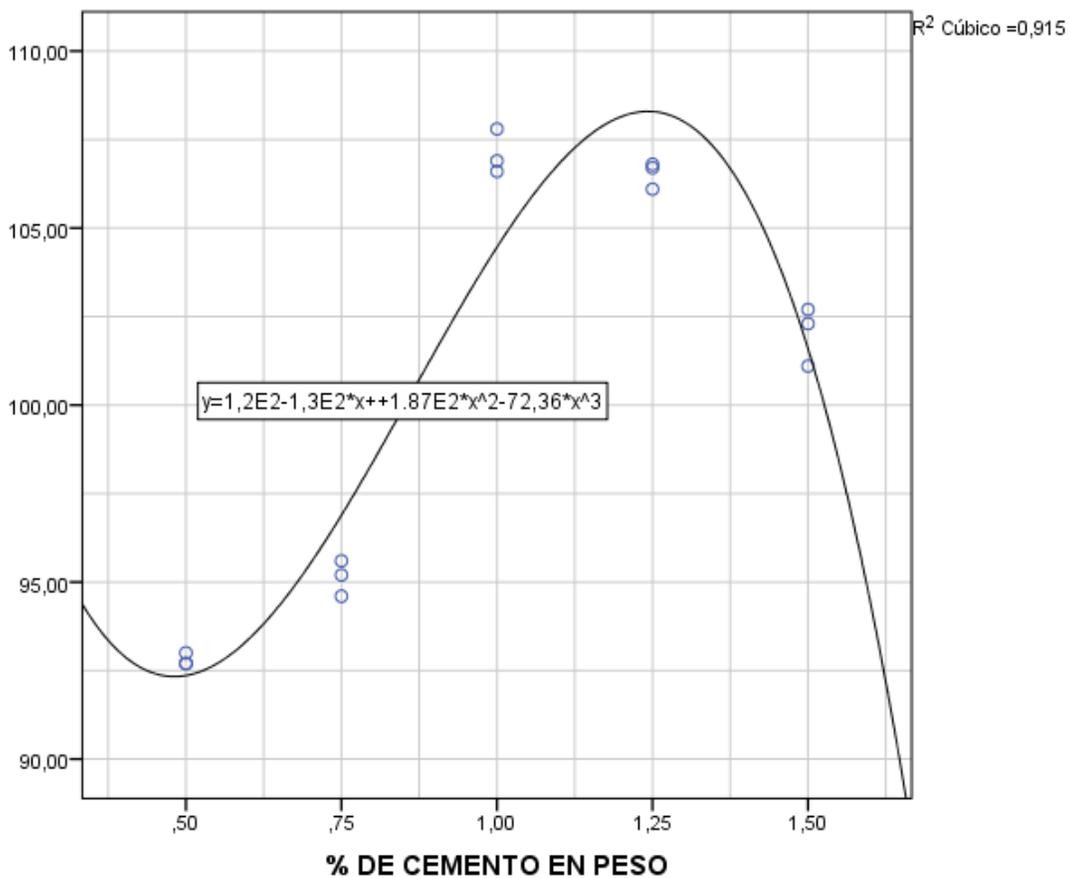


Figura 159 Curva tendencia % de cemento en peso vs CBR al 100% a 0.1" con a/c =2.75

4.14. Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 1.75

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores del ensayo de Guilow obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 1.75.

Tabla 226 Análisis estadístico ensayo Guilow con a/c = 1.75

	% DE CEMENTO		Estadístico	Error estándar	
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 1.75	0,50	Media	13,4333	0,14530	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,8082	
			Límite superior	14,0585	
		Mediana	13,4000		
		Varianza	0,063		
		Desviación estándar	0,25166		
		Mínimo	13,20		
		Máximo	13,70		
	0,75	Media	11,6333	0,14530	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,0082	
			Límite superior	12,2585	
		Mediana	11,6000		
		Varianza	0,063		
		Desviación estándar	0,25166		
		Mínimo	11,40		
		Máximo	11,90		
	1,00	Media	11,0667	0,14530	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,4415	
			Límite superior	11,6918	
		Mediana	11,1000		
		Varianza	0,063		
		Desviación estándar	0,25166		
		Mínimo	10,80		
		Máximo	11,30		
	1,25	Media	10,0000	0,11547	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,5032	
			Límite superior	10,4968	
		Mediana	10,0000		

		Varianza		0,040	
		Desviación estándar		0,20000	
		Mínimo		9,80	
		Máximo		10,20	
	1,50	Media		10,0000	0,05774
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,7516	
			Límite superior	10,2484	
		Mediana		10,0000	
		Varianza		,010	
	Desviación estándar		,10000		
	Mínimo		9,90		
	Máximo		10,10		

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 227 Pruebas de normalidad ensayo Guilow con a/c = 1.75

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 1.75	0,50	3	0,780
	0,75	3	0,780
	1,00	3	0,780
	1,25	3	1,000
	1,50	3	1,000

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

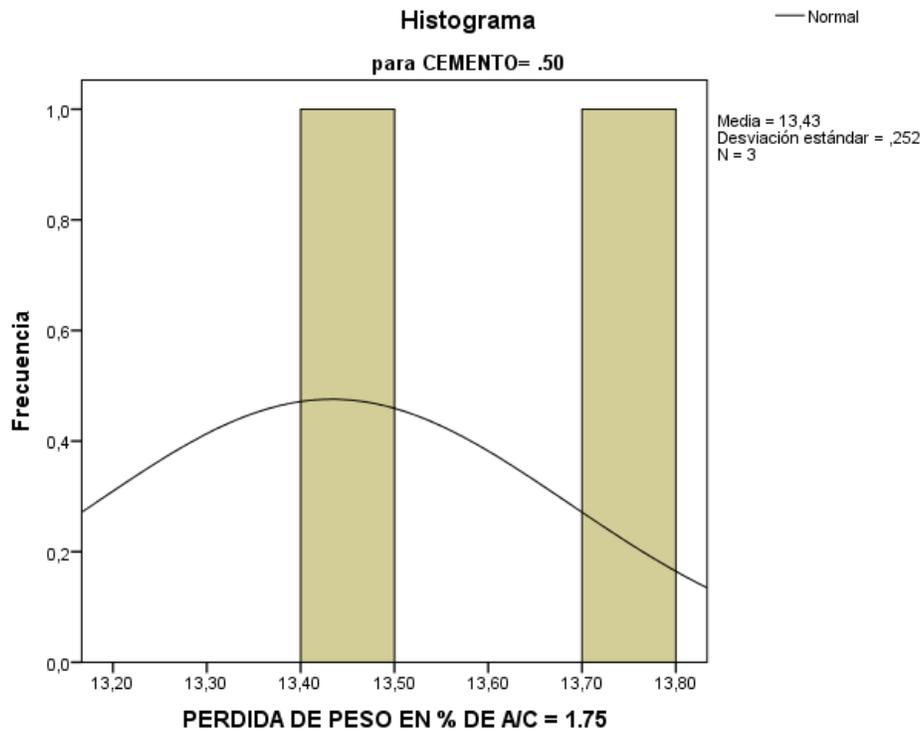


Figura 160 Histograma 0.5% cemento, ensayo Guilow con a/c = 1.75

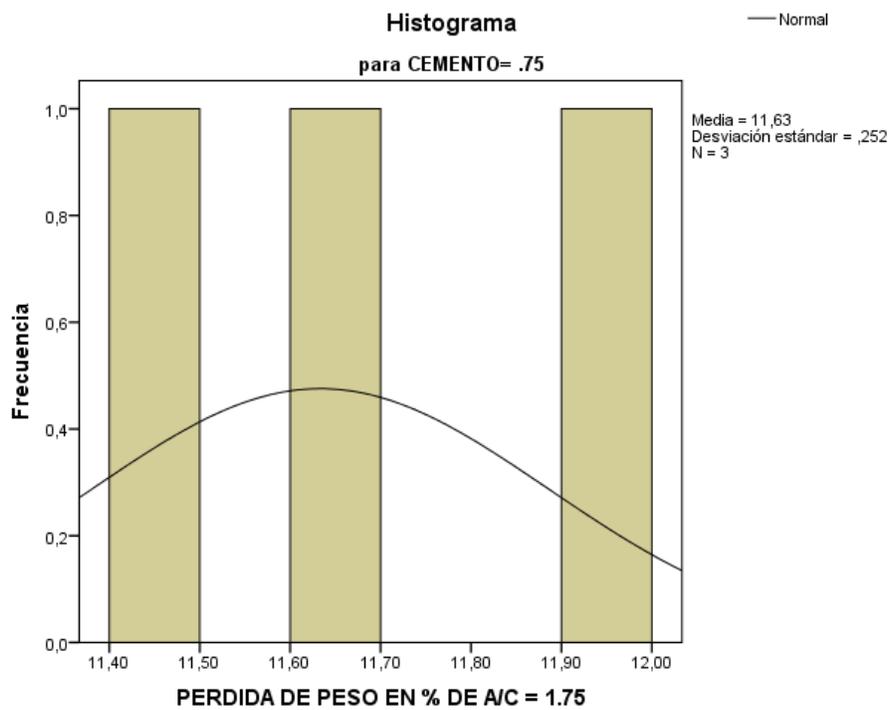


Figura 161 Histograma 0.75% cemento ensayo Guilow con a/c = 1.75

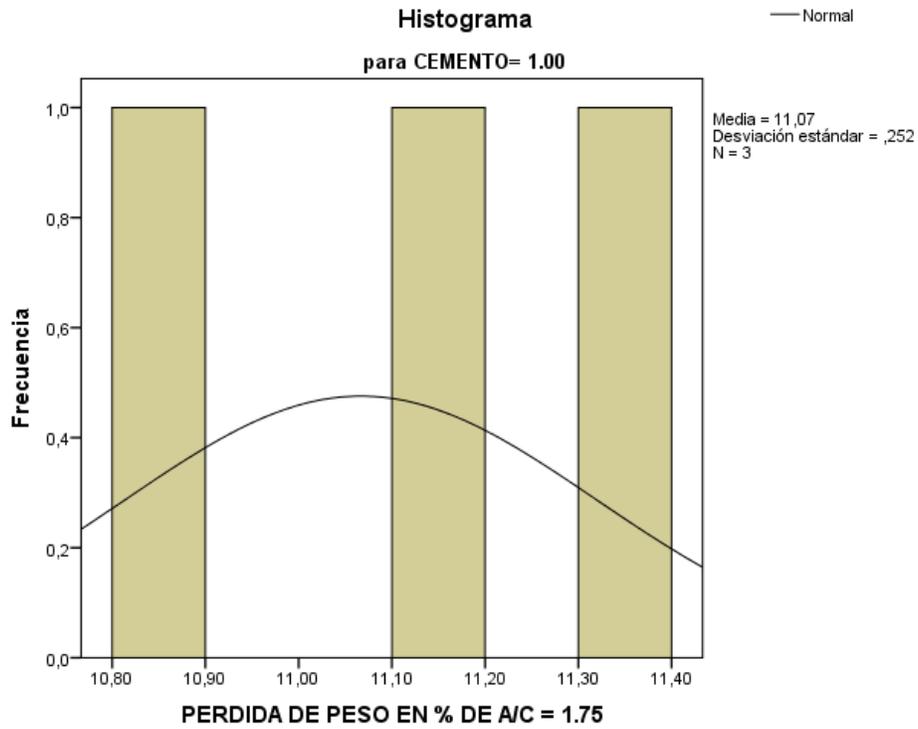


Figura 162 Histograma 1.0% cemento ensayo Guilow con a/c = 1.75

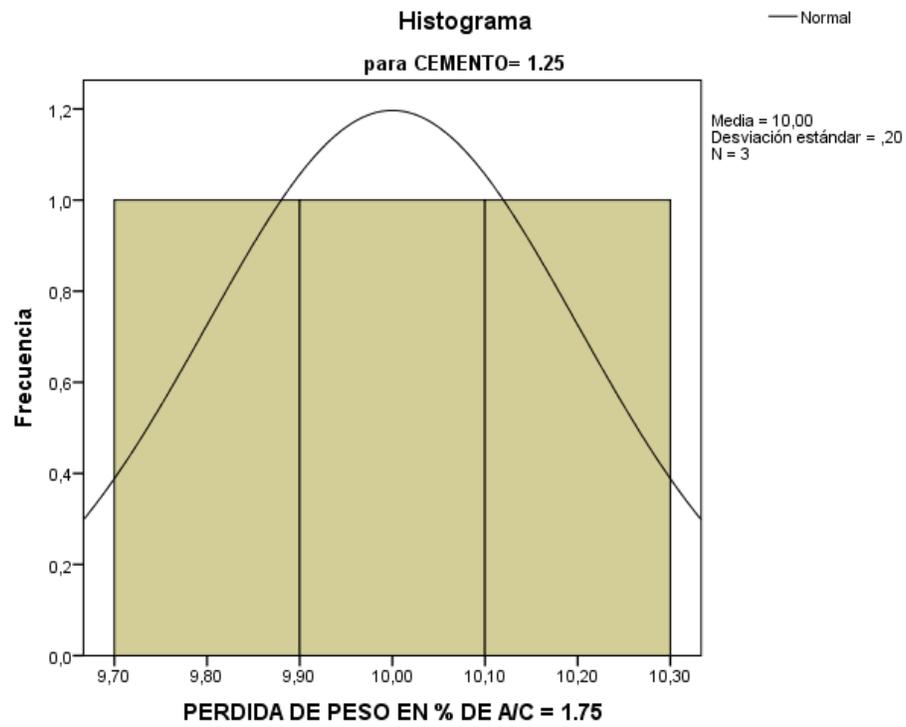


Figura 163 Histograma 1.25% cemento ensayo Guilow con a/c = 1.75

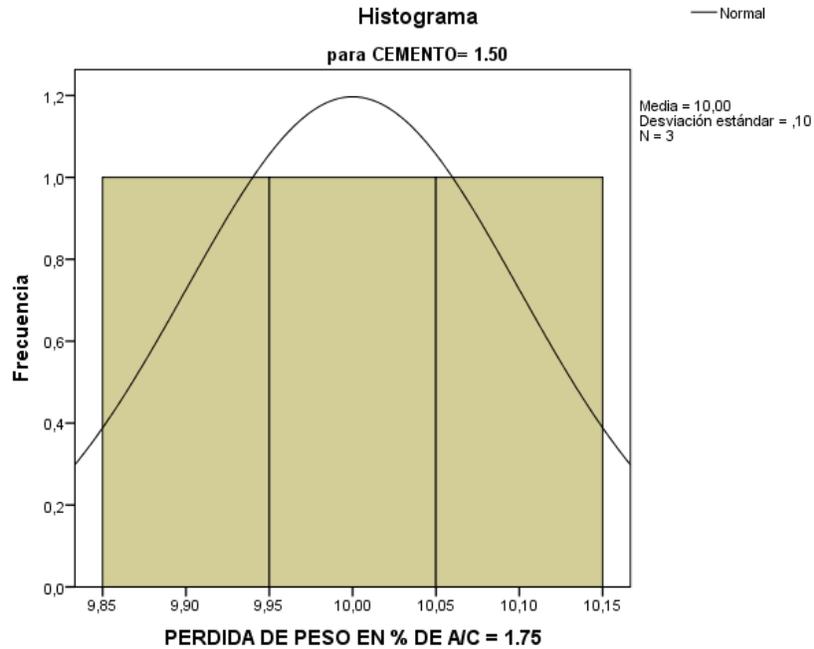


Figura 164 Histograma 1.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 1.75

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 228 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = -0.937$ el cual indica una correlación muy alta.

Tabla 229 Correlación de % de cemento en peso ensayo Guilow con a/c = 1.75

Correlaciones			
		% DE CEMENTO	PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 1.75
% DE CEMENTO	Correlación de Pearson	1	-0,937**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 1.75	Correlación de Pearson	-0,937**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.962$ el cual indica una confiabilidad alta.

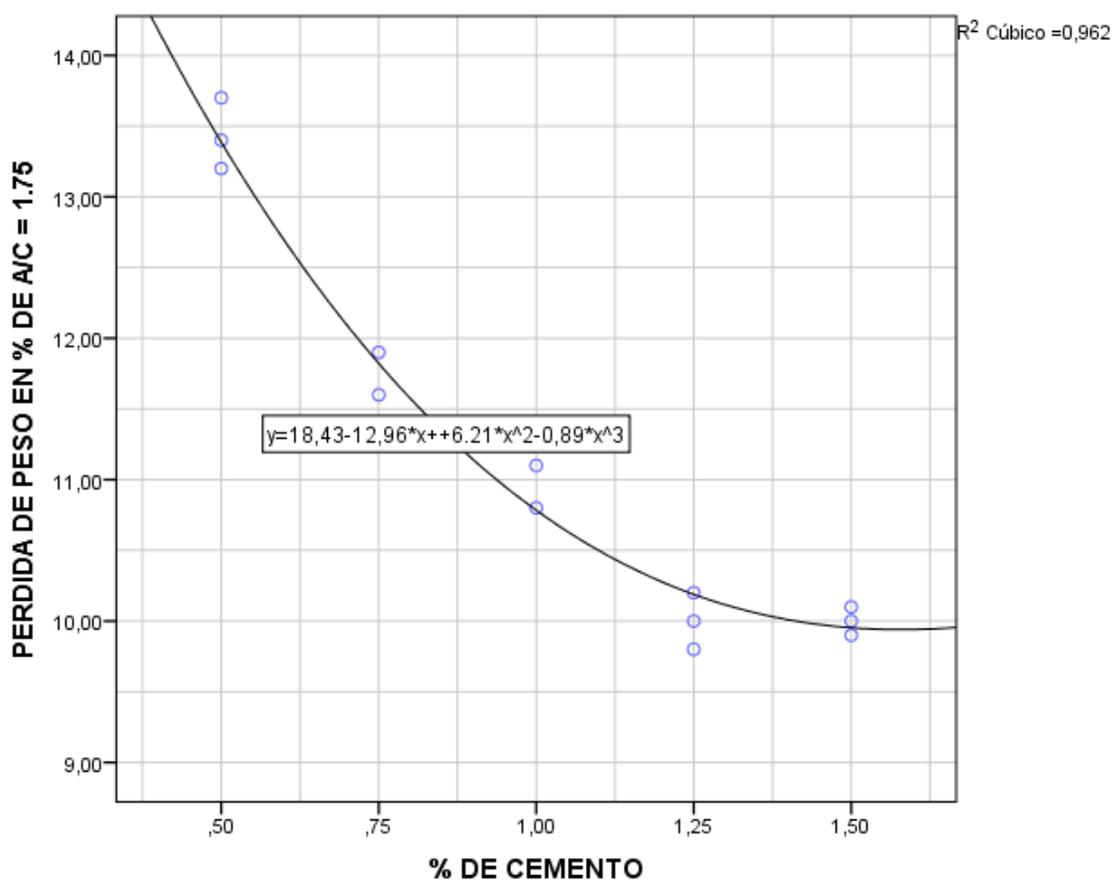


Figura 165 Curva tendencia % de cemento en peso vs ensayo Guilow con a/c =1.75

4.15. Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.0

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores del ensayo de Guilow obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.0.

Tabla 230 Análisis estadístico ensayo Guilow con a/c = 2

	% DE CEMENTO		Estadístico	Error estándar	
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2	,50	Media	9,0000	0,11547	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	8,5032	
			Límite superior	9,4968	
		Mediana	9,0000		
		Varianza	0,040		
		Desviación estándar	0,20000		
		Mínimo	8,80		
		Máximo	9,20		
		,75	Media	10,8000	0,05774
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	10,5516	
			Límite superior	11,0484	
	Mediana		10,8000		
	Varianza		0,010		
	Desviación estándar		0,10000		
	Mínimo		10,70		
	Máximo		10,90		
	1,00		Media	13,5667	0,08819
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,1872	
			Límite superior	13,9461	
		Mediana	13,6000		
		Varianza	0,023		
		Desviación estándar	0,15275		
		Mínimo	13,40		
		Máximo	13,70		
		1,25	Media	14,3333	0,17638
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	13,5744	
			Límite superior	15,0922	
	Mediana		14,4000		

		Varianza	0,093	
		Desviación estándar	0,30551	
		Mínimo	14,00	
		Máximo	14,60	
	1,50	Media	11,4333	0,12019
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,9162
			Límite superior	11,9504
		Mediana	11,5000	
		Varianza	0,043	
		Desviación estándar	0,20817	
		Mínimo	11,20	
		Máximo	11,60	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 231 Pruebas de normalidad ensayo Guilow con a/c = 2

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2	0,50	3	1,000
	0,75	3	1,000
	1,00	3	0,637
	1,25	3	0,637
	1,50	3	0,463

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es muy simétrica.

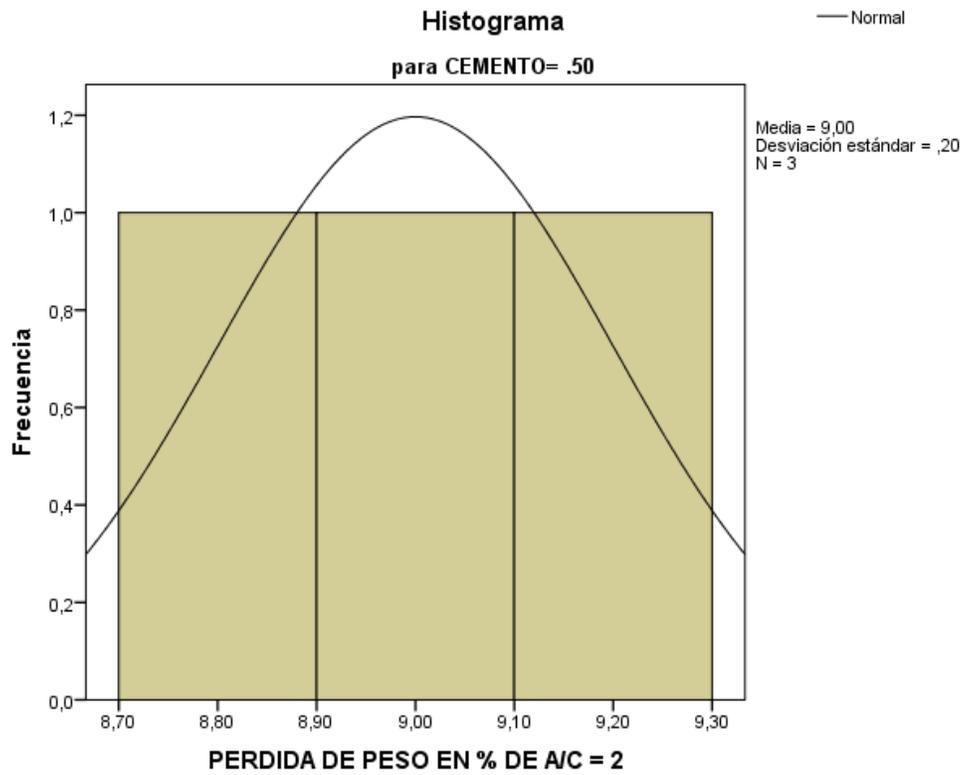


Figura 166 Histograma 0.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2

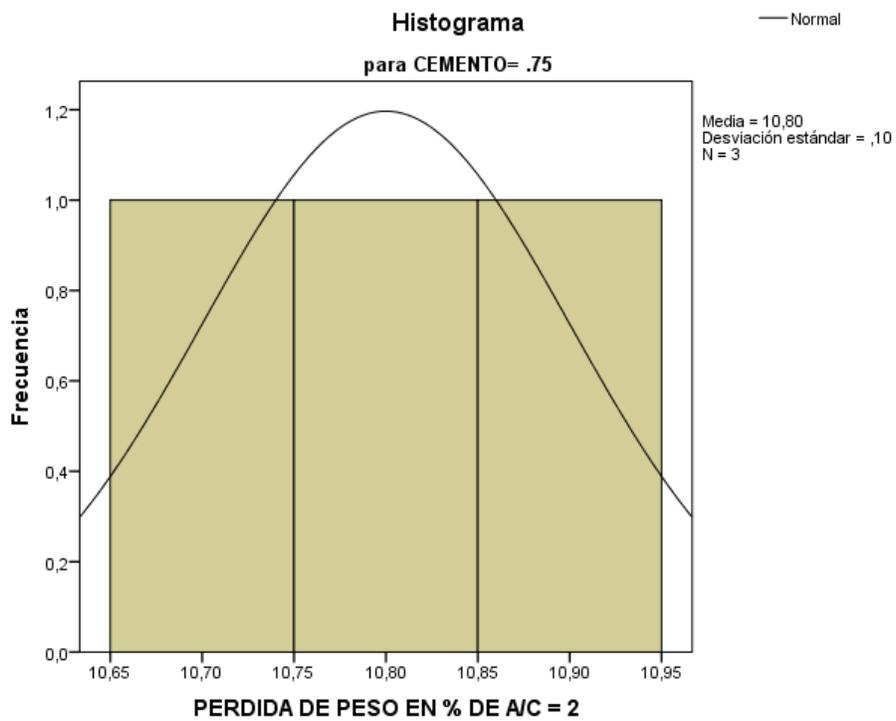


Figura 167 Histograma 0.75% cemento ensayo Guilow con a/c = 2

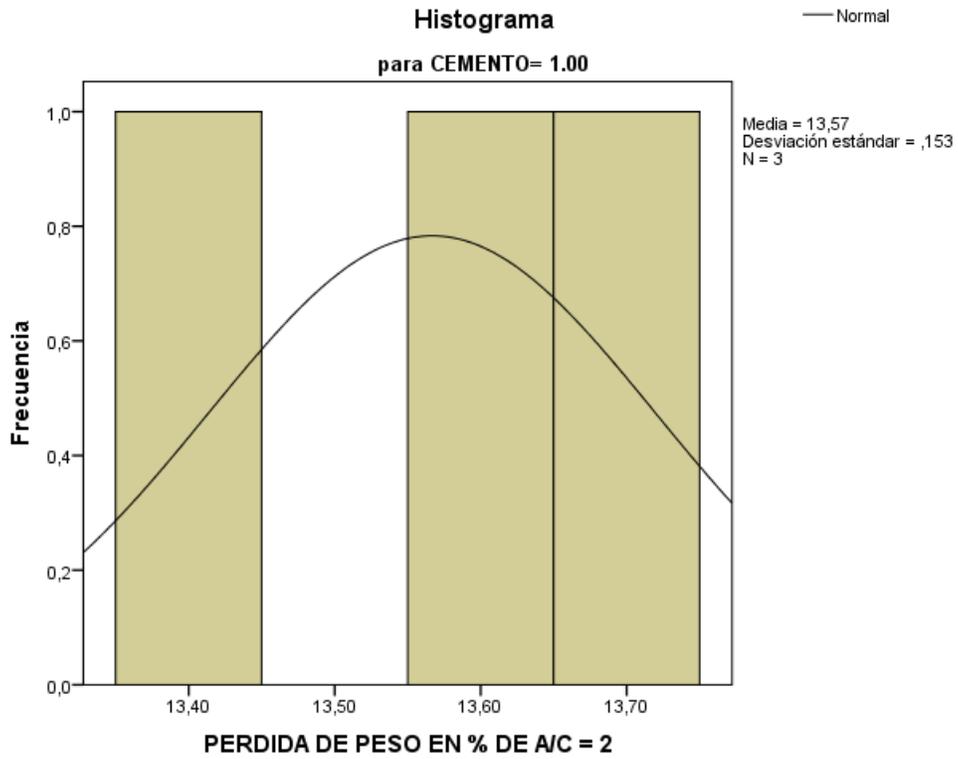


Figura 168 Histograma 1.0% cemento ensayo Guilow con a/c = 2

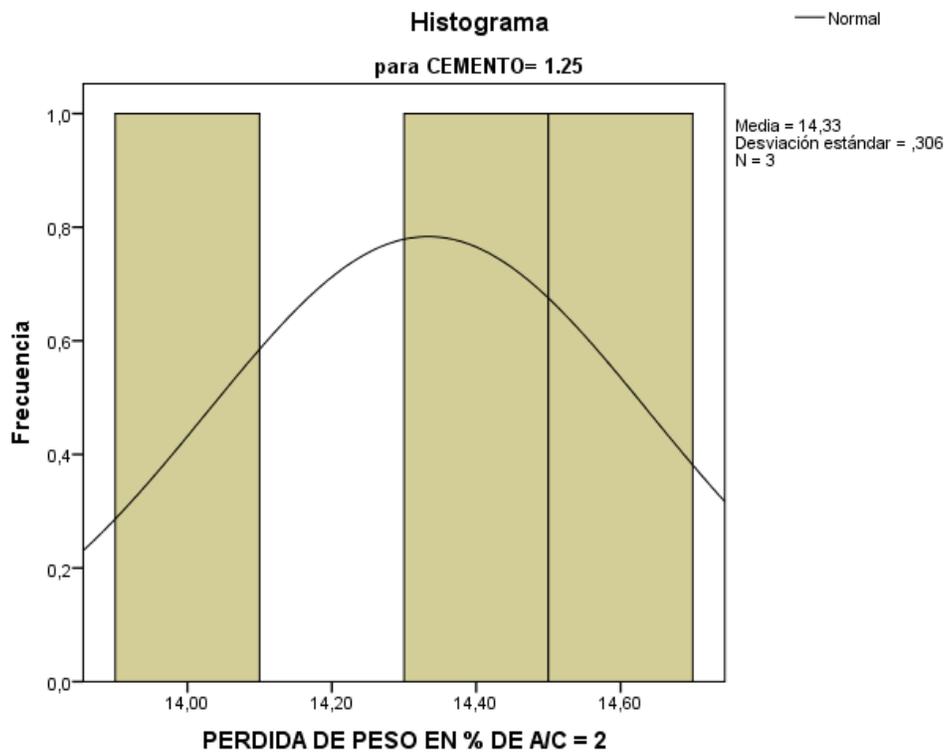


Figura 169 Histograma 1.25% cemento ensayo Guilow con a/c = 2

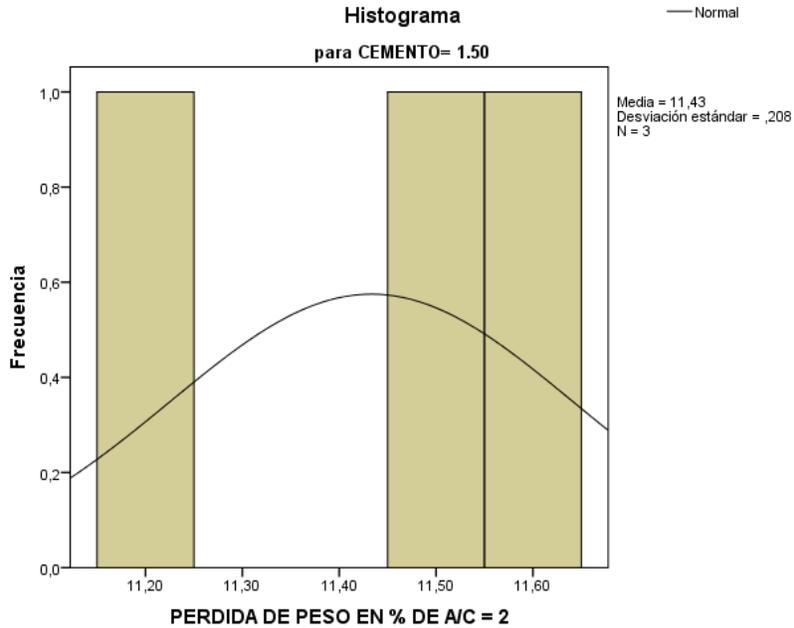


Figura 170 Histograma 1.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 232 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = 0.615$ el cual indica una correlación alta.

Tabla 233 Correlación de % de cemento en peso ensayo Guilow con a/c = 2

Correlaciones			
		% DE CEMENTO	PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2
% DE CEMENTO	Correlación de Pearson	1	0,615*
	Sig. (bilateral)		0,015
	N	15	15
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2	Correlación de Pearson	0,615*	1
	Sig. (bilateral)	0,015	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.991$ el cual indica una confiabilidad alta.

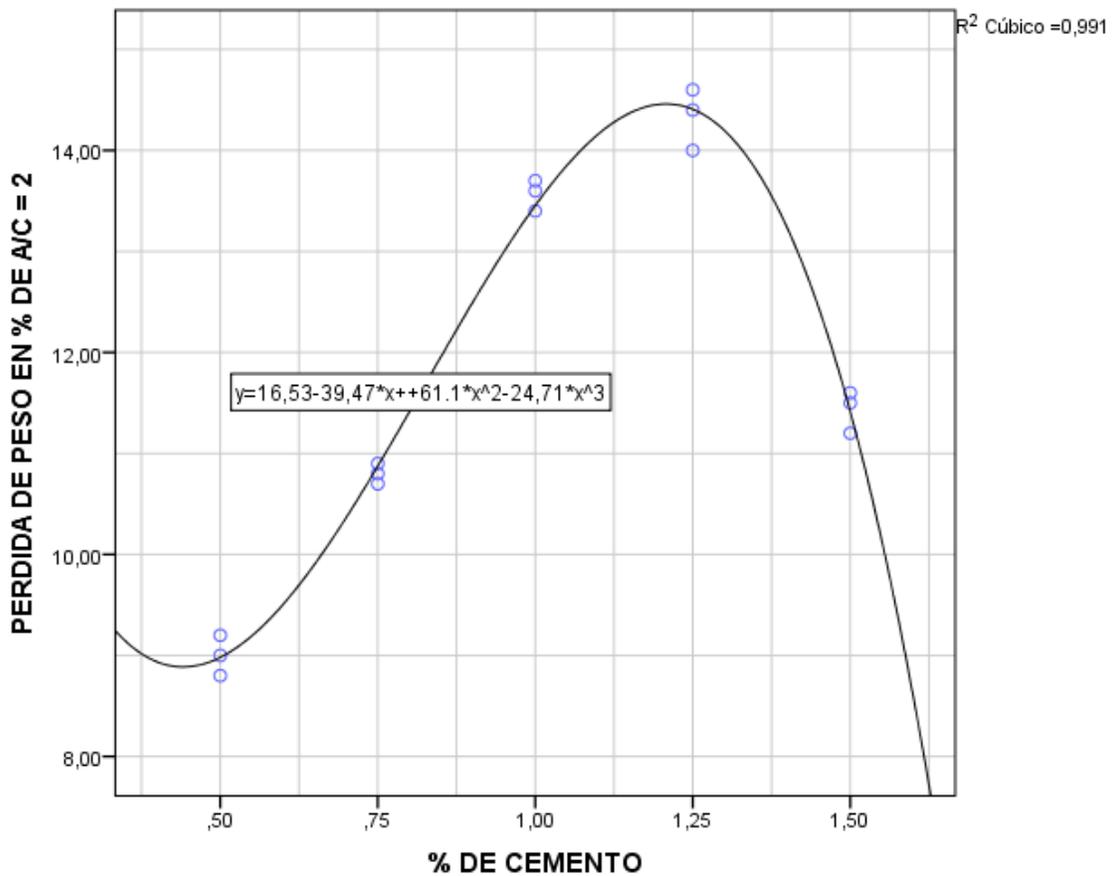


Figura 171 Curva tendencia % de cemento en peso vs ensayo Guilow con a/c =2

4.16. Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.25

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores del ensayo de Guilow obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.25.

Tabla 234 Análisis estadístico ensayo Guilow con a/c = 2.25

	% DE CEMENTO		Estadístico	Error estándar	
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.25	,50	Media	14,4000	,20817	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,5043	
			Límite superior	15,2957	
		Mediana		14,5000	
		Varianza		0,130	
		Desviación estándar		0,36056	
		Mínimo		14,00	
		Máximo		14,70	
		,75	Media	12,9000	0,15275
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	12,2428	
			Límite superior	13,5572	
	Mediana		12,8000		
	Varianza		0,070		
	Desviación estándar		0,26458		
	Mínimo		12,70		
	Máximo		13,20		
	1,00		Media	10,0667	0,12019
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,5496	
			Límite superior	10,5838	
		Mediana		10,0000	
		Varianza		0,043	
		Desviación estándar		,20817	
		Mínimo		9,90	
		Máximo		10,30	
		1,25	Media	10,2000	0,11547
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	9,7032	
			Límite superior	10,6968	
	Mediana		10,2000		

		Varianza		0,040	
		Desviación estándar		0,20000	
		Mínimo		10,00	
		Máximo		10,40	
	1,50	Media		10,7667	0,03333
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,6232	
			Límite superior	10,9101	
		Mediana		10,8000	
		Varianza		0,003	
		Desviación estándar		0,05774	
		Mínimo		10,70	
		Máximo		10,80	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 pero no en todos los casos por lo cual concluimos que no existe normalidad de datos.

Tabla 235 Pruebas de normalidad ensayo Guilow con a/c = 2.25

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.25	0,50	3	0,537
	0,75	3	0,363
	1,00	3	0,463
	1,25	3	1,000
	1,50	3	0,000

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que no existe normalidad en los datos la distribución en el histograma puede ser no muy simétrica.

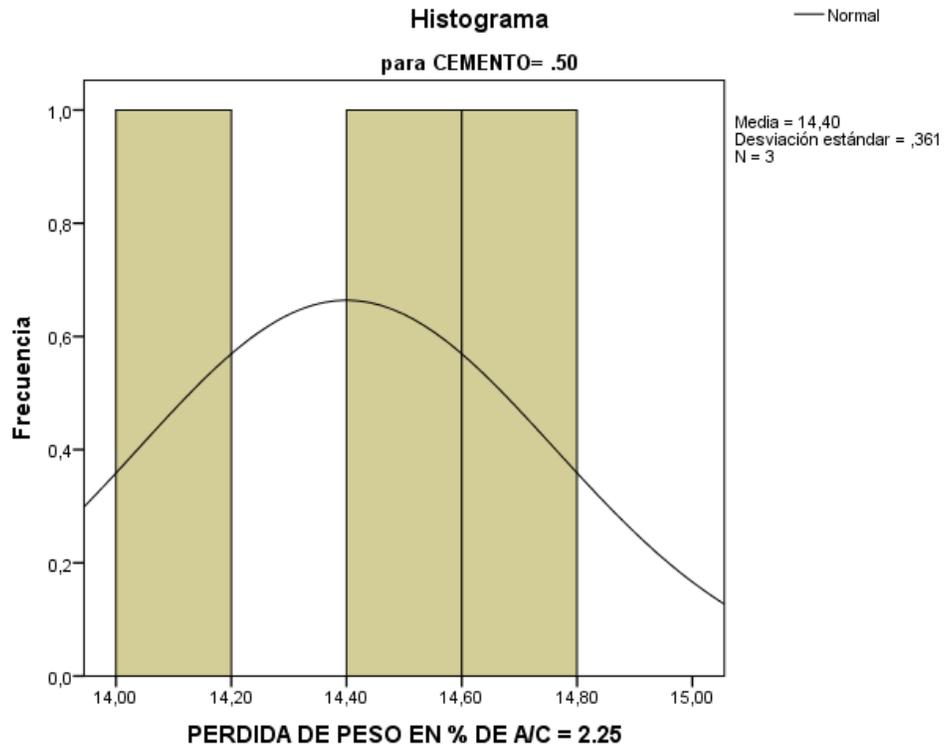


Figura 172 Histograma 0.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.25

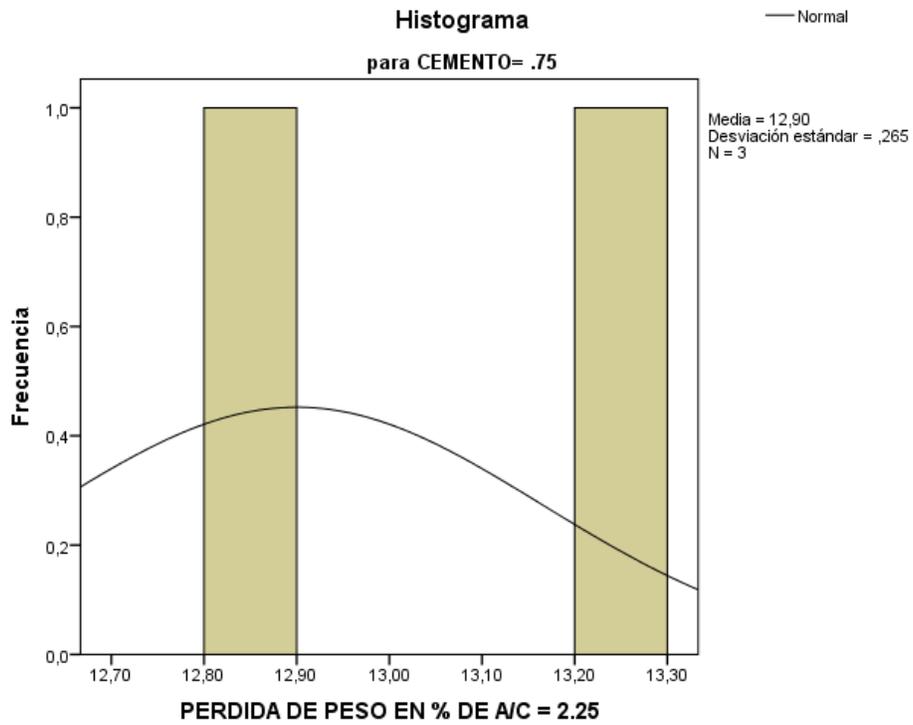


Figura 173 Histograma 0.75% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.25

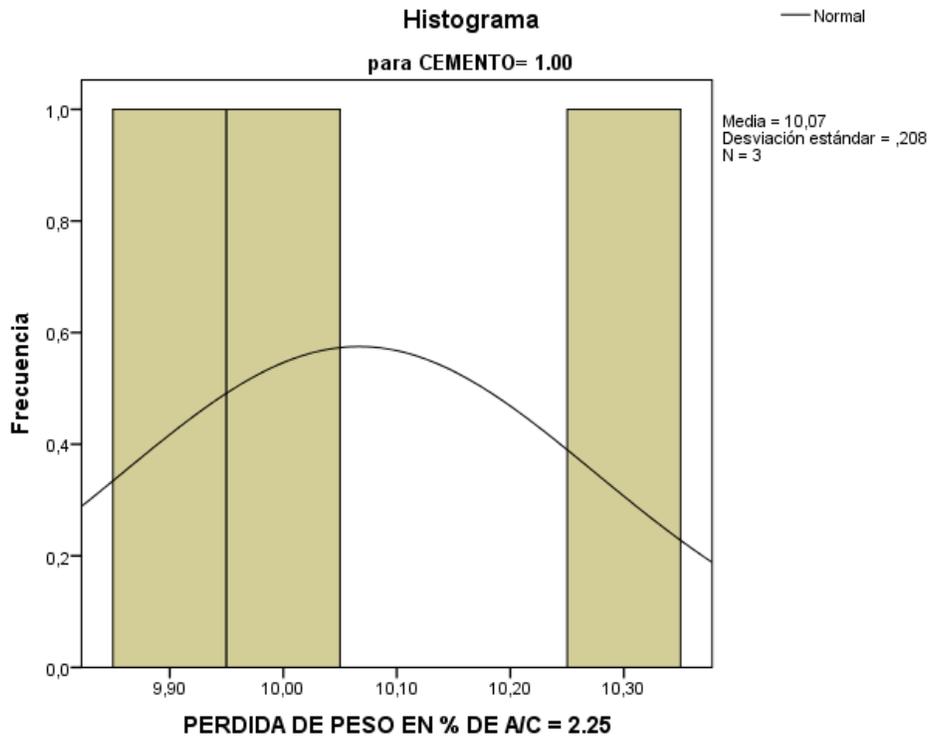


Figura 174 Histograma 1.0% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.25

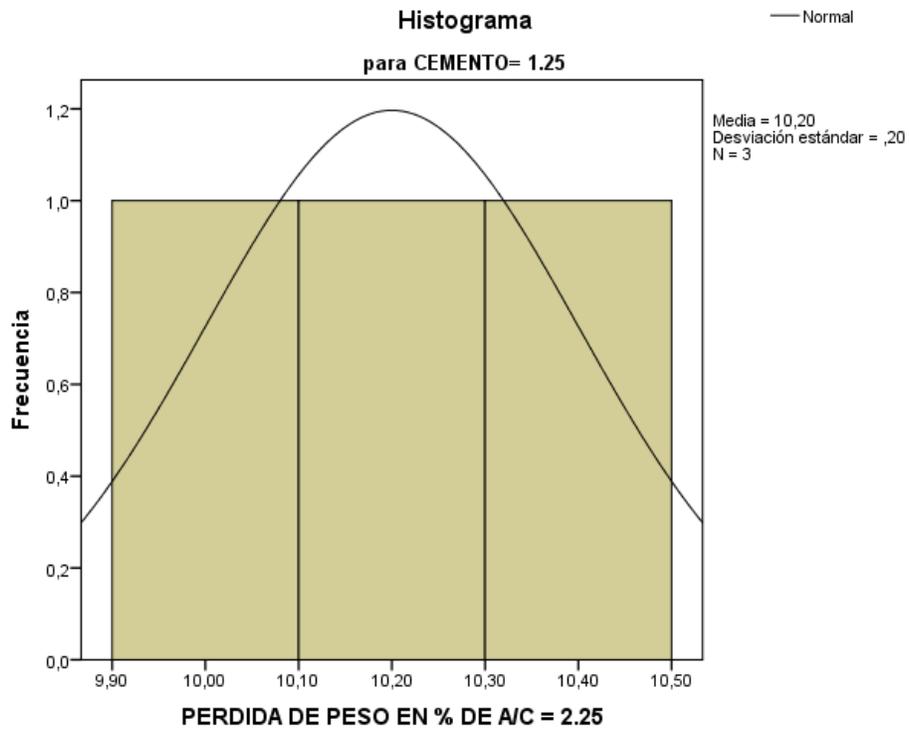


Figura 175 Histograma 1.25% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.25

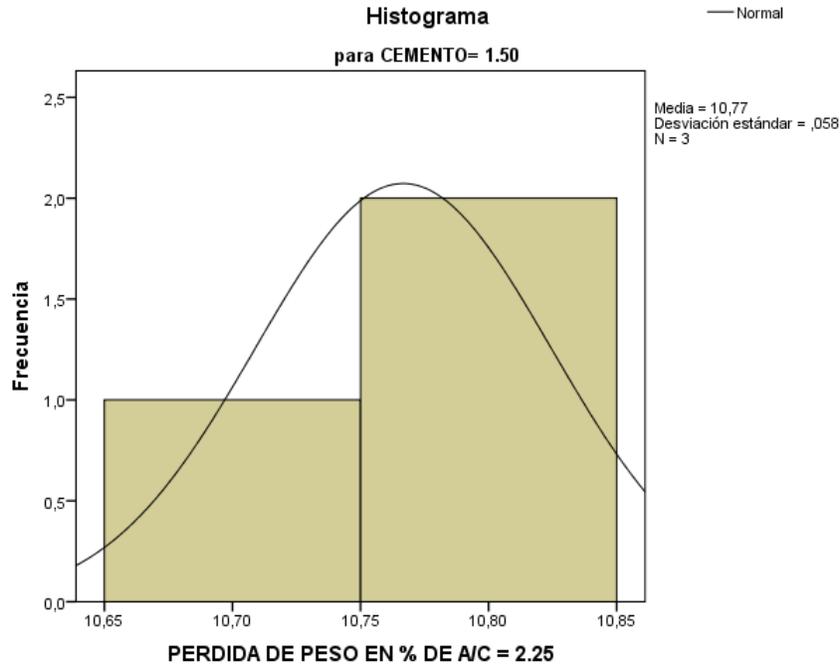


Figura 176 Histograma 1.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.25

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Rho de Spearman ya que no existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 236 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = +1$	Correlación perfecta
$r = +0.8 - +1$	Muy alta
$r = +0.6 - +0.8$	Alta
$r = +0.4 - +0.6$	Moderada
$r = +0.2 - +0.4$	Baja
$r = 0 - +0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = -0.615$ el cual indica una correlación alta.

Tabla 237 Correlación de % de cemento en peso ensayo Guilow con a/c = 2.25

Correlaciones			PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.25
Rho de Spearman	% DE CEMENTO	Coefficiente de correlación	-0,618*
		Sig. (bilateral)	0,014
		N	15
	PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.25	Coefficiente de correlación	1,000
		Sig. (bilateral)	.
		N	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.942$ el cual indica una confiabilidad alta.

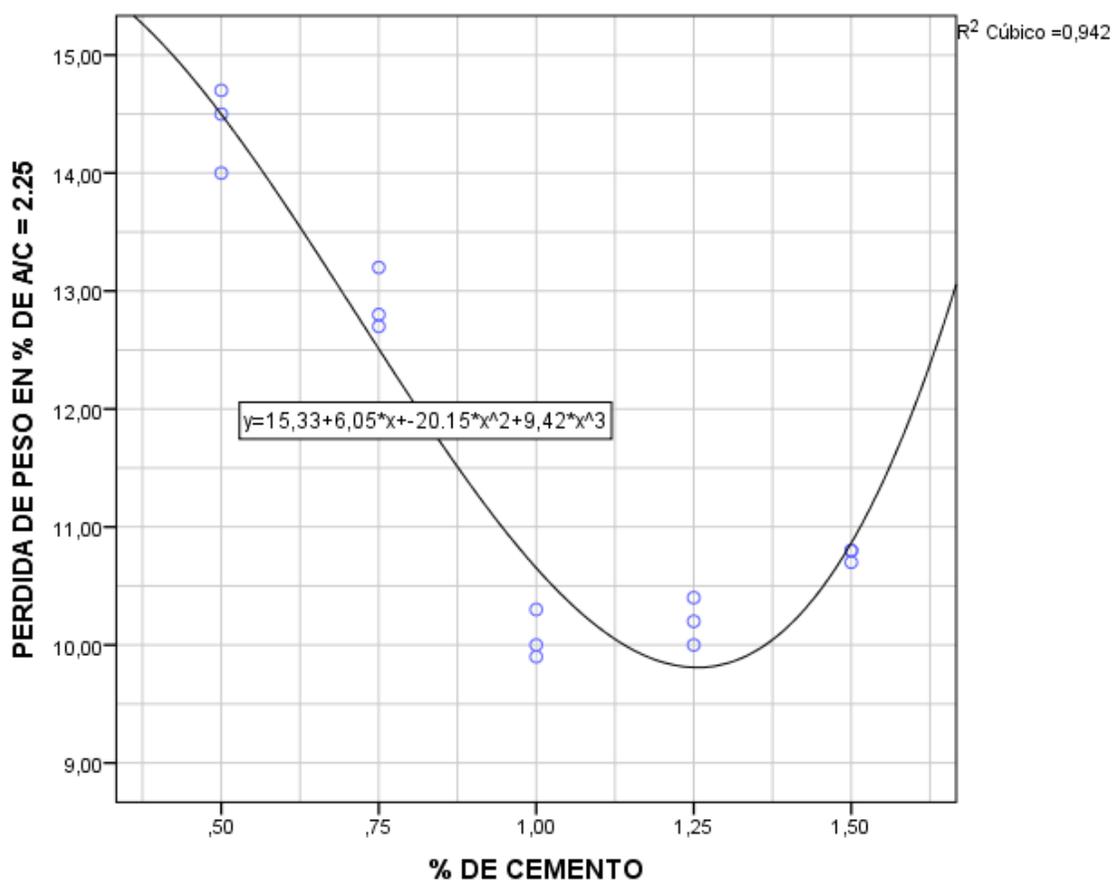


Figura 177 Curva tendencia % de cemento en peso vs ensayo Guilow con a/c =2.25

4.17. Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.5

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores del ensayo de Guilow obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.5.

Tabla 238 Análisis estadístico ensayo Guilow con a/c = 2.5

	% DE CEMENTO		Estadístico	Error estándar	
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.5	,50	Media	14,3000	0,20817	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	13,4043	
			Límite superior	15,1957	
		Mediana	14,2000		
		Varianza	0,130		
		Desviación estándar	0,36056		
		Mínimo	14,00		
		Máximo	14,70		
	,75	Media	13,0333	0,18559	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	12,2348	
			Límite superior	13,8319	
		Mediana	12,9000		
		Varianza	,103		
		Desviación estándar	,32146		
		Mínimo	12,80		
		Máximo	13,40		
	1,00	Media	11,4667	,14530	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,8415	
			Límite superior	12,0918	
		Mediana	11,5000		
		Varianza	,063		
		Desviación estándar	,25166		
		Mínimo	11,20		
		Máximo	11,70		
	1,25	Media	10,2000	,11547	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,7032	
			Límite superior	10,6968	
		Mediana	10,2000		

		Varianza		,040	
		Desviación estándar		,20000	
		Mínimo		10,00	
		Máximo		10,40	
	1,50	Media		11,3667	,08819
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	10,9872	
			Límite superior	11,7461	
		Mediana		11,4000	
		Varianza		,023	
		Desviación estándar		,15275	
		Mínimo		11,20	
		Máximo		11,50	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 239 Pruebas de normalidad ensayo Guilow con a/c = 2.5

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.5	0,50	3	0,537
	0,75	3	0,298
	1,00	3	0,780
	1,25	3	1,000
	1,50	3	0,637

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es simétrica.

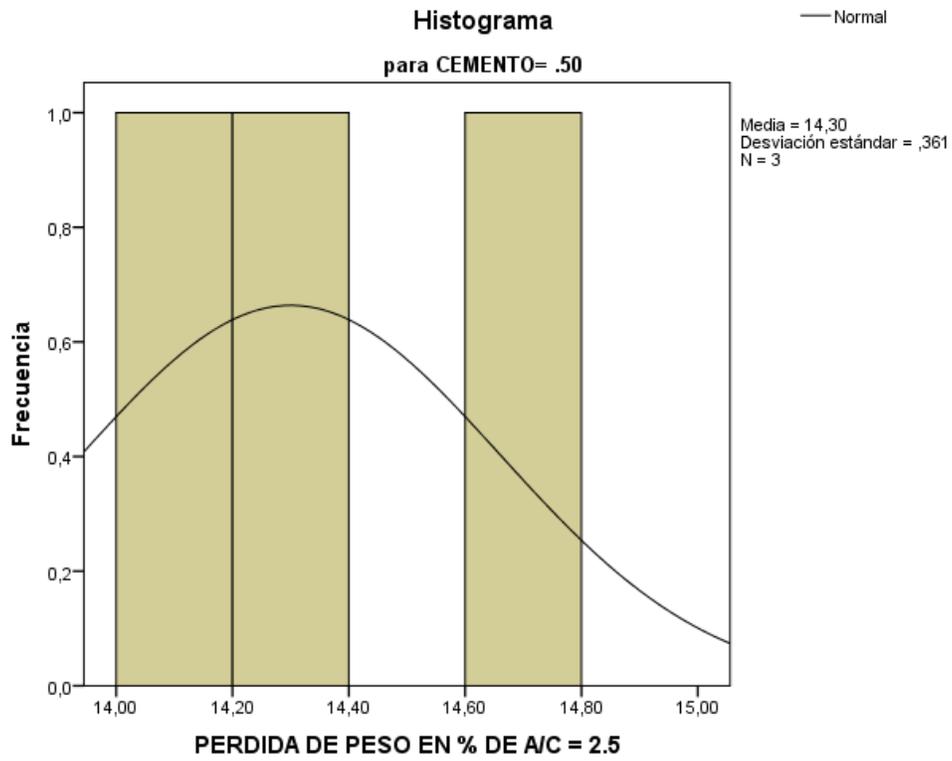


Figura 178 Histograma 0.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.5

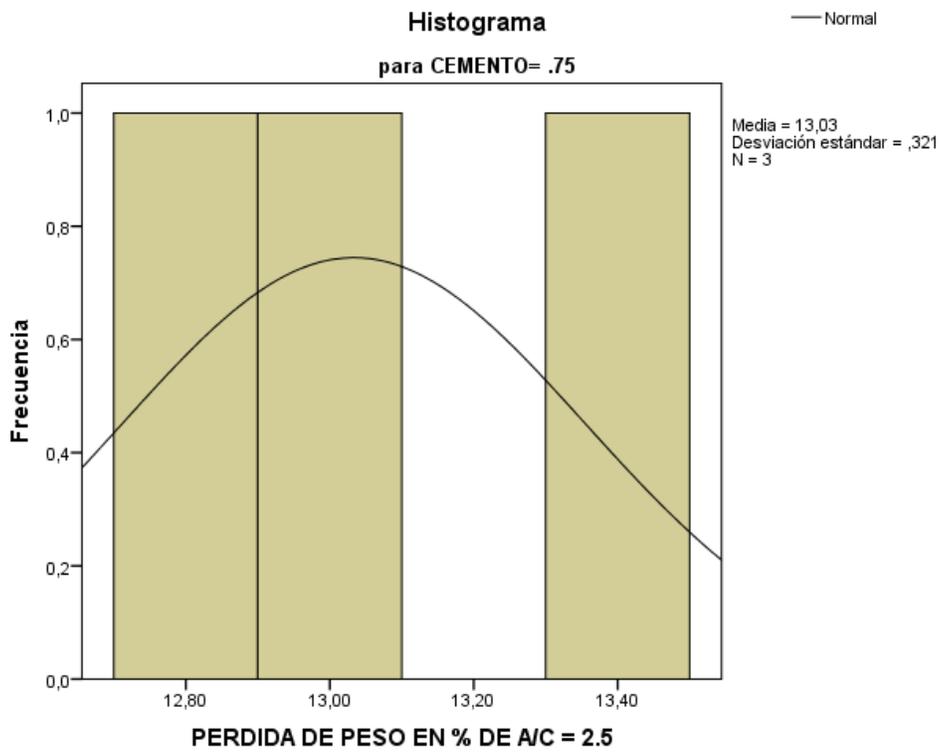


Figura 179 Histograma 0.75% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.5

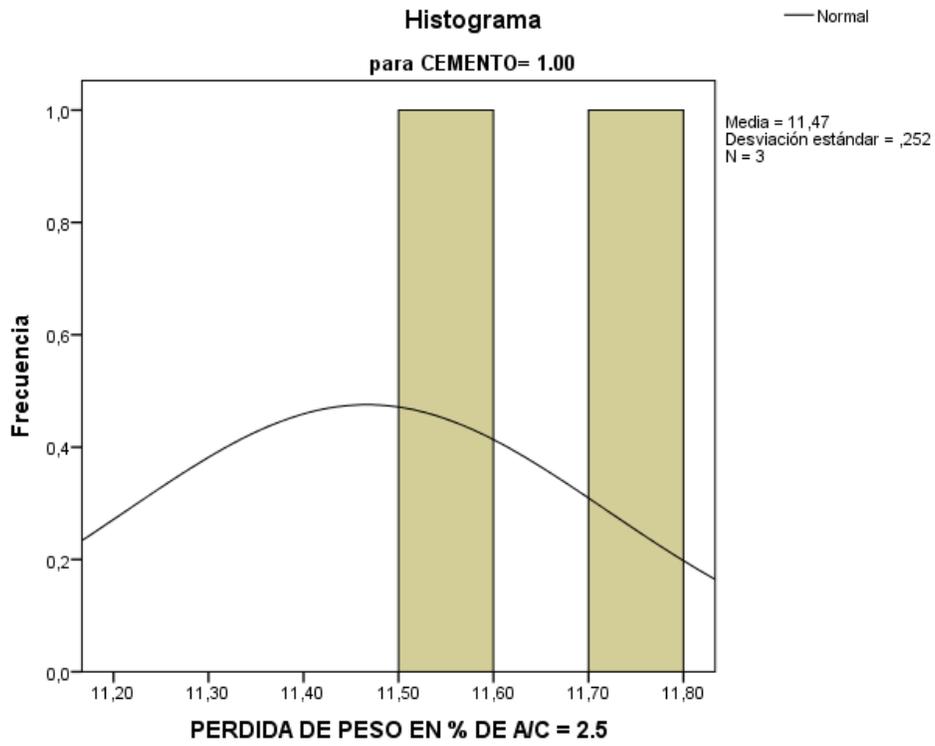


Figura 180 Histograma 1.0% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.5

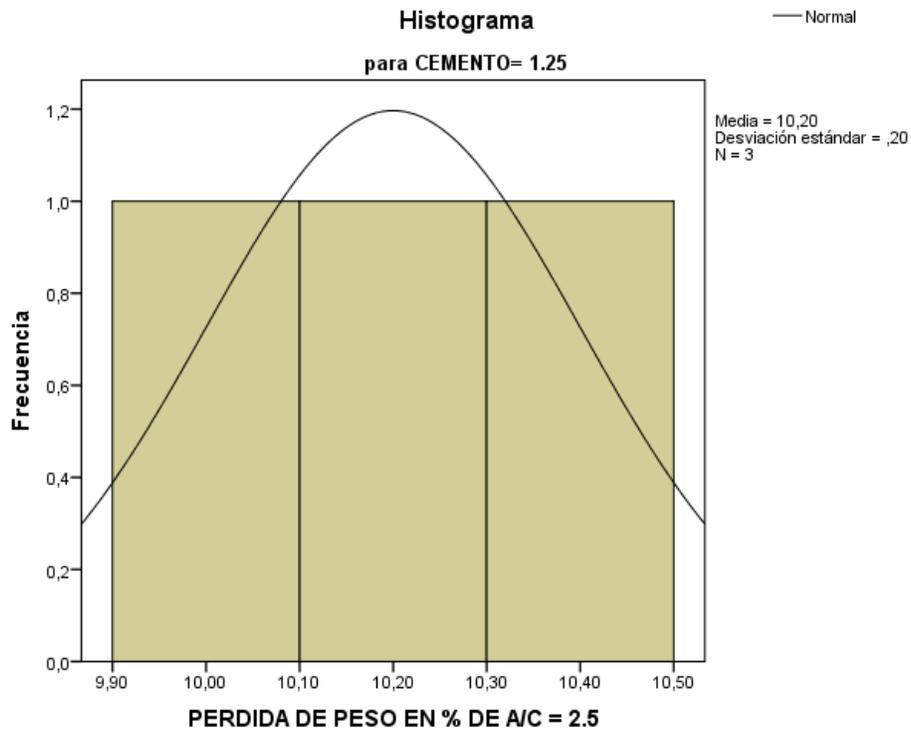


Figura 181 Histograma 1.25% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.5

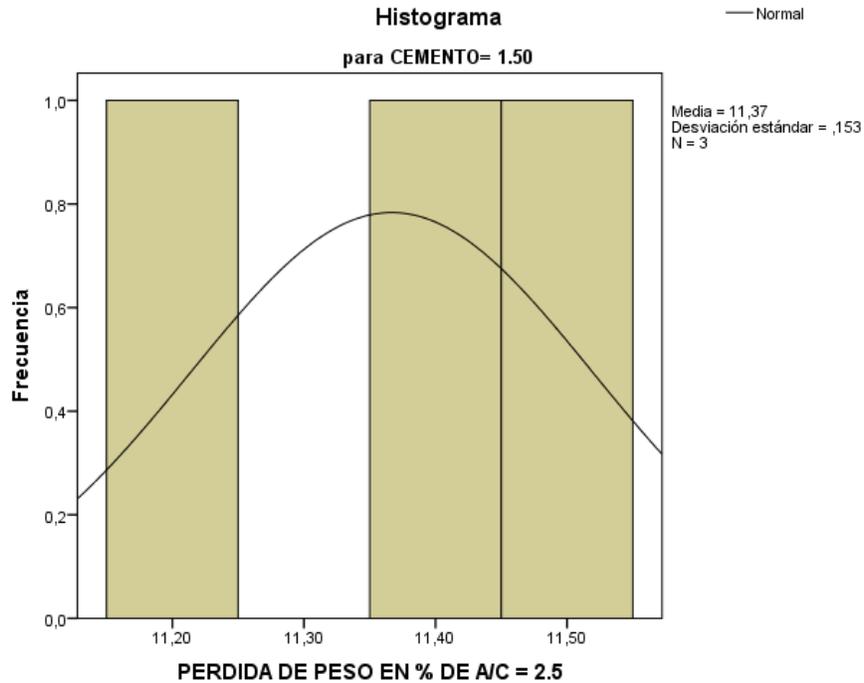


Figura 182 Histograma 1.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.5

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 240 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = \pm 1$	Correlación perfecta
$r = \pm 0.8 - \pm 1$	Muy alta
$r = \pm 0.6 - \pm 0.8$	Alta
$r = \pm 0.4 - \pm 0.6$	Moderada
$r = \pm 0.2 - \pm 0.4$	Baja
$r = 0 - \pm 0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = -0.849$ el cual indica una correlación muy alta.

Tabla 241 Correlación de % de cemento en peso ensayo Guilow con a/c = 2.5

Correlaciones			
		% DE CEMENTO	PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.5
% DE CEMENTO	Correlación de Pearson	1	-0,849**
	Sig. (bilateral)		0,000
	N	15	15
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.5	Correlación de Pearson	-0,849**	1
	Sig. (bilateral)	0,000	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.974$ el cual indica una confiabilidad alta.

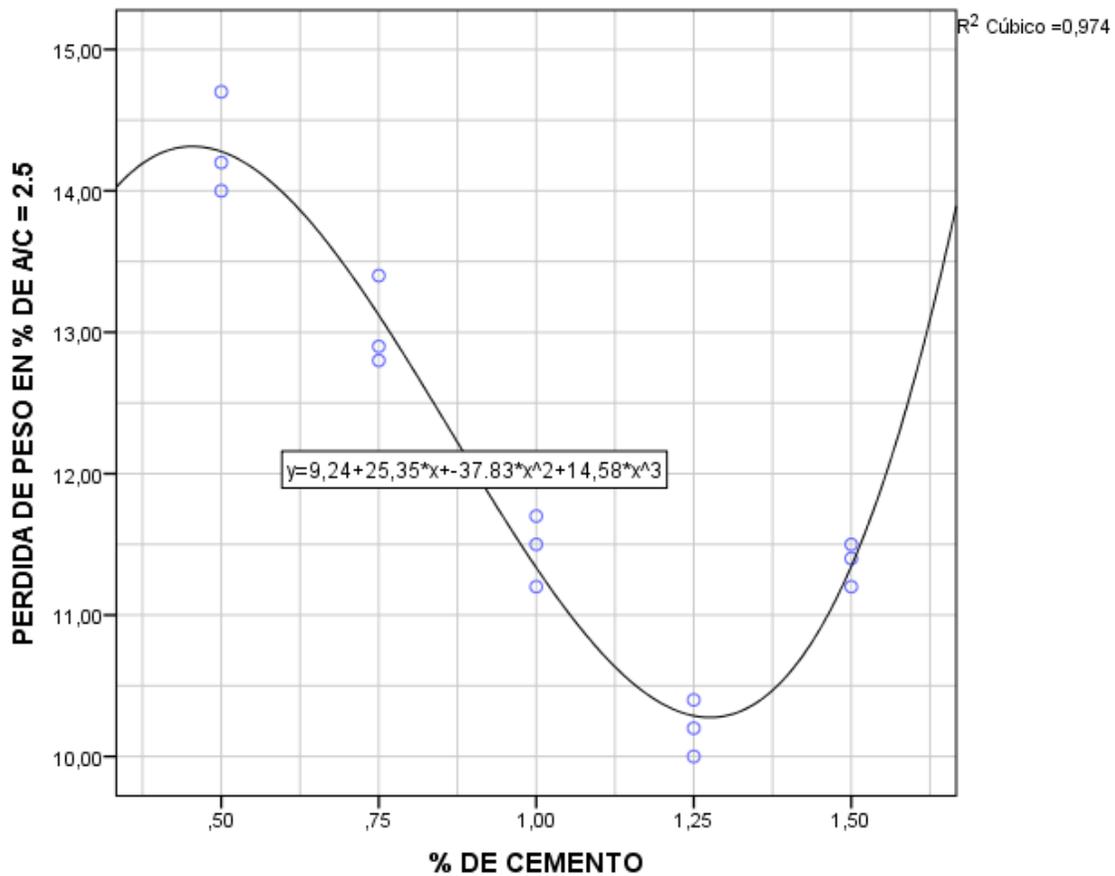


Figura 183 % de Curva tendencia cemento en peso vs ensayo Guilow con a/c =2.5

4.18. Análisis Estadístico Guilow En % Con A/C = 2.75

En la siguiente tabla se observa el análisis descriptivo de los valores del ensayo de Guilow obtenidos con porcentajes de peso de cemento (0.5, 0.75, 1, 1.25 y 1.50 %) y la relación agua cemento A/C = 2.75.

Tabla 242 Análisis estadístico ensayo Guilow con a/c = 2.75

	% DE CEMENTO		Estadístico	Error estándar	
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.75	,50	Media	14,7000	0,15275	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	14,0428	
			Límite superior	15,3572	
		Mediana	14,8000		
		Varianza	0,070		
		Desviación estándar	0,26458		
		Mínimo	14,40		
		Máximo	14,90		
		,75	Media	13,2667	0,12019
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	12,7496	
			Límite superior	13,7838	
	Media recortada al 5%		.		
	Mediana		13,2000		
	Varianza		0,043		
	Desviación estándar		0,20817		
	Mínimo		13,10		
	Máximo		13,50		
	1,00	Media	10,0333	0,08819	
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	9,6539	
			Límite superior	10,4128	
		Mediana	10,0000		
		Varianza	0,023		
		Desviación estándar	,15275		
		Mínimo	9,90		
		Máximo	10,20		
		1,25	Media	10,5667	0,12019
	95% de intervalo de confianza para la media		Límite inferior	10,0496	
			Límite superior	11,0838	

		Mediana	10,5000	
		Varianza	0,043	
		Desviación estándar	,20817	
		Mínimo	10,40	
		Máximo	10,80	
	1,50	Media	11,7667	0,12019
		95% de intervalo de confianza para la media	Límite inferior	11,2496
			Límite superior	12,2838
		Mediana	11,7000	
		Varianza	0,043	
		Desviación estándar	0,20817	
		Mínimo	11,60	
		Máximo	12,00	

En la siguiente tabla se observa la normalidad de datos y se analizó mediante el método de Shapiro – Wilk ya que los datos analizados son menores a 50, se puede observar que el indicador de significancia el cual indica la normalidad o no normalidad de datos es mayor 0.05 por lo cual podemos concluir que existe normalidad en los datos.

Tabla 243 Pruebas de normalidad ensayo Guilow con a/c = 2.75

Pruebas de normalidad			
	% DE CEMENTO	Shapiro-Wilk ^a	
		gl	Sig.
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.75	0,50	3	0,363
	0,75	3	0,463
	1,00	3	0,637
	1,25	3	0,463
	1,50	3	0,463

En las siguientes figuras se observa los diagramas de histograma de Porcentaje de cemento, ya que se concluyó que existe normalidad en los datos la distribución en el histograma es simétrica.

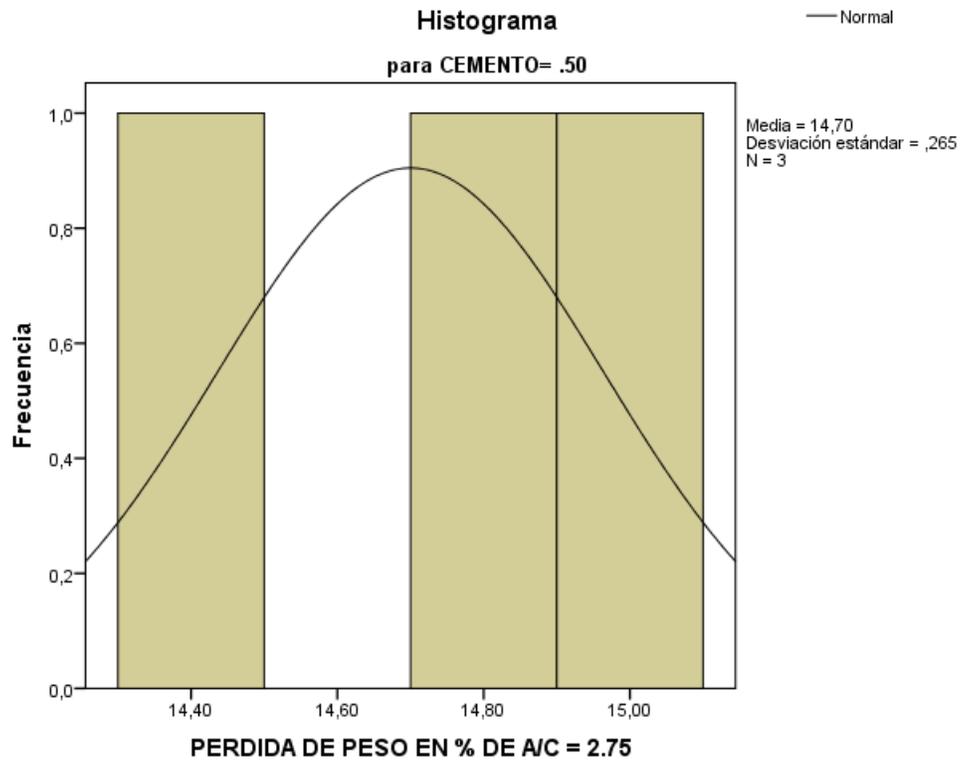


Figura 184 Histograma 0.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.75

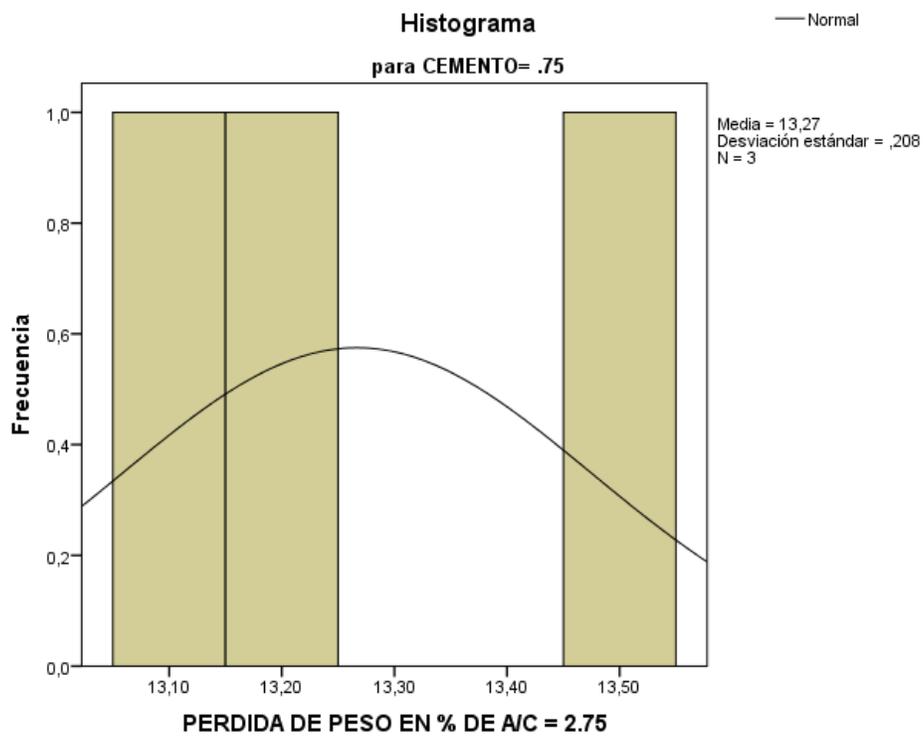


Figura 185 Histograma 0.75% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.75

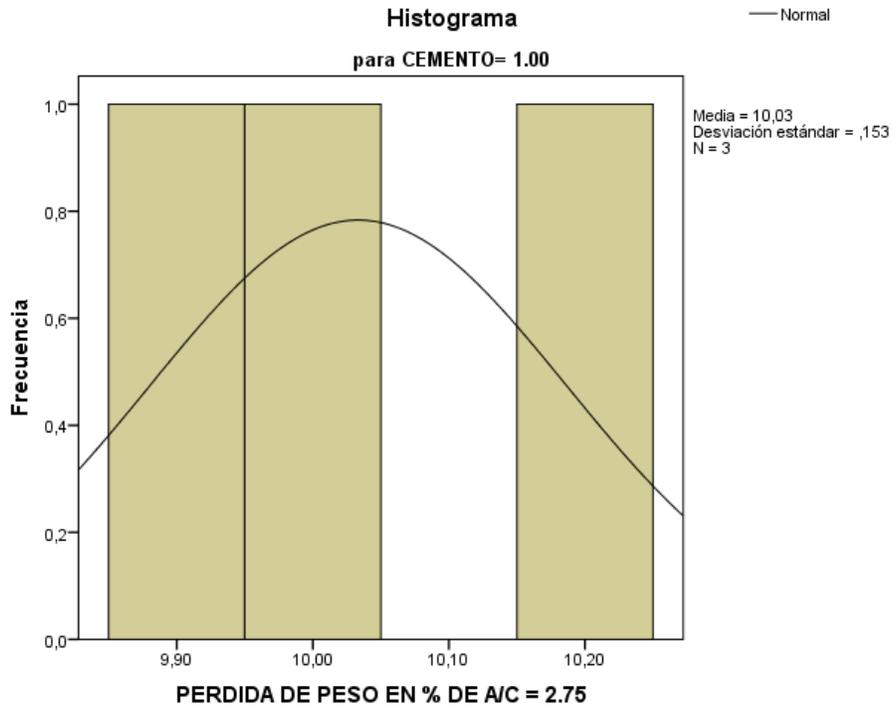


Figura 186 Histograma 1.0% cemento ensayo Guilow con a/c =2.75

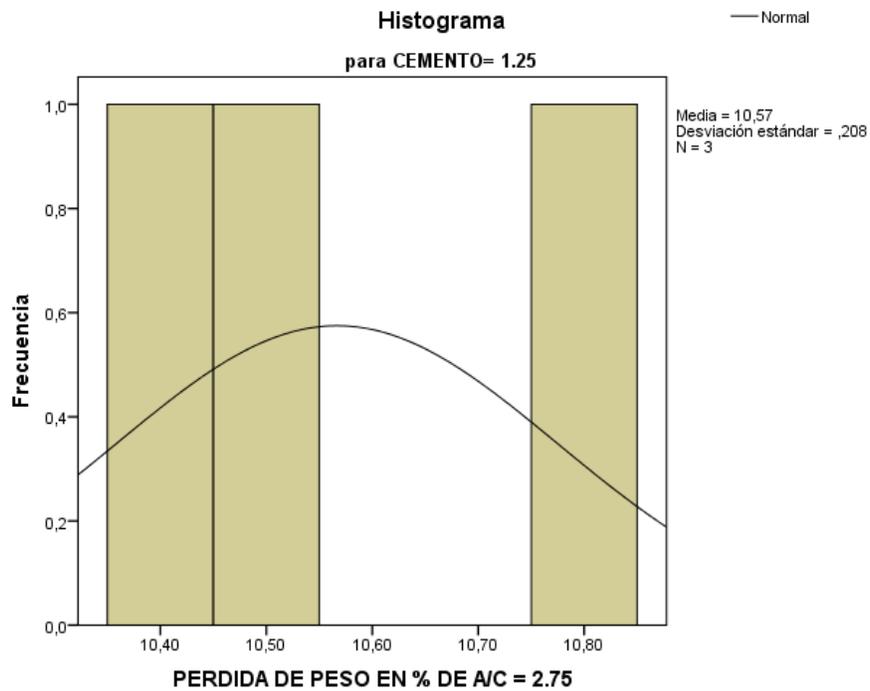


Figura 187 Histograma 1.25% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.75

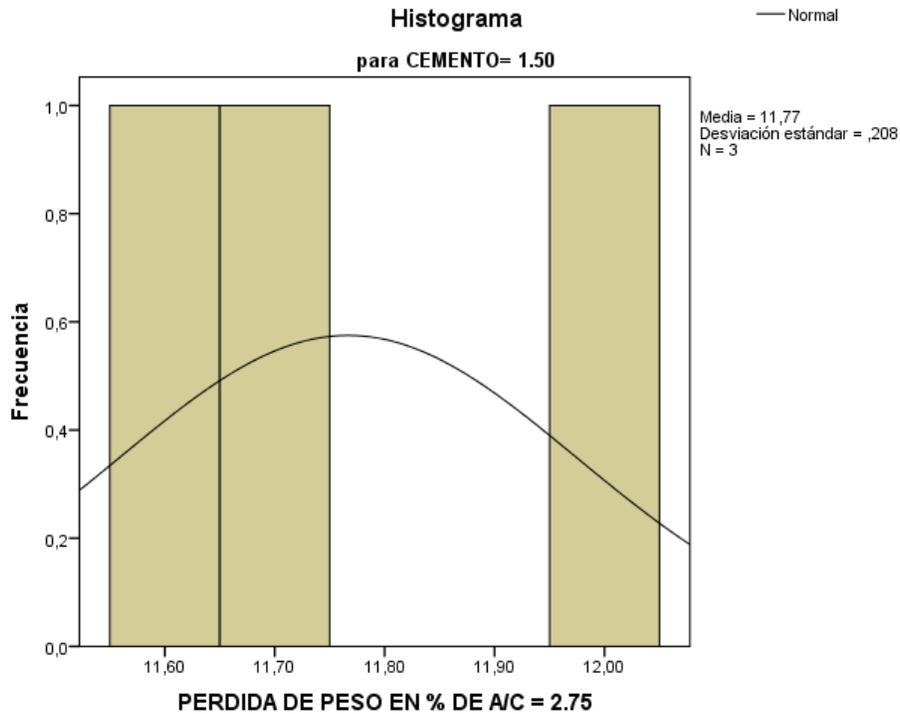


Figura 188 Histograma 1.5% cemento ensayo Guilow con a/c = 2.75

Luego obtenemos la curva de tendencia mediante Pearson ya que existe normalidad en los datos.

En esta sección se tendrá consideración al valor R el cual nos indica si existe correlación o no, si R es diferente a cero quiere decir que existe correlación, pero también se tendrá en cuenta la siguiente escala del valor R el cual se observa en la siguiente tabla.

Tabla 244 Interpretación coeficiente R

Coeficiente r	Interpretación
$r = -1$	Correlación perfecta
$r = +-0.8 - +-1$	Muy alta
$r = +-0.6 - +-0.8$	Alta
$r = +-0.4 - +-0.6$	Moderada
$r = +-0.2 - +-0.4$	Baja
$r = 0 - +-0.2$	Muy baja
$r = 0$	Nula

En la siguiente tabla se observa el valor $R = -0.7$ el cual indica una correlación alta.

Tabla 245 Correlación de % de cemento en peso ensayo Guilow con a/c = 2.75

Correlaciones			
		% DE CEMENTO	PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.75
% DE CEMENTO	Correlación de Pearson	1	-0,700**
	Sig. (bilateral)		0,004
	N	15	15
PERDIDA DE PESO EN % DE A/C = 2.75	Correlación de Pearson	-0,700**	1
	Sig. (bilateral)	0,004	
	N	15	15

En la siguiente figura se observa la línea tendencia de los valores donde se tiene en cuenta el valor R^2 el cual indica la confiabilidad de la línea tendencia el valor obtenido $R^2 = 0.919$ el cual indica una confiabilidad alta.

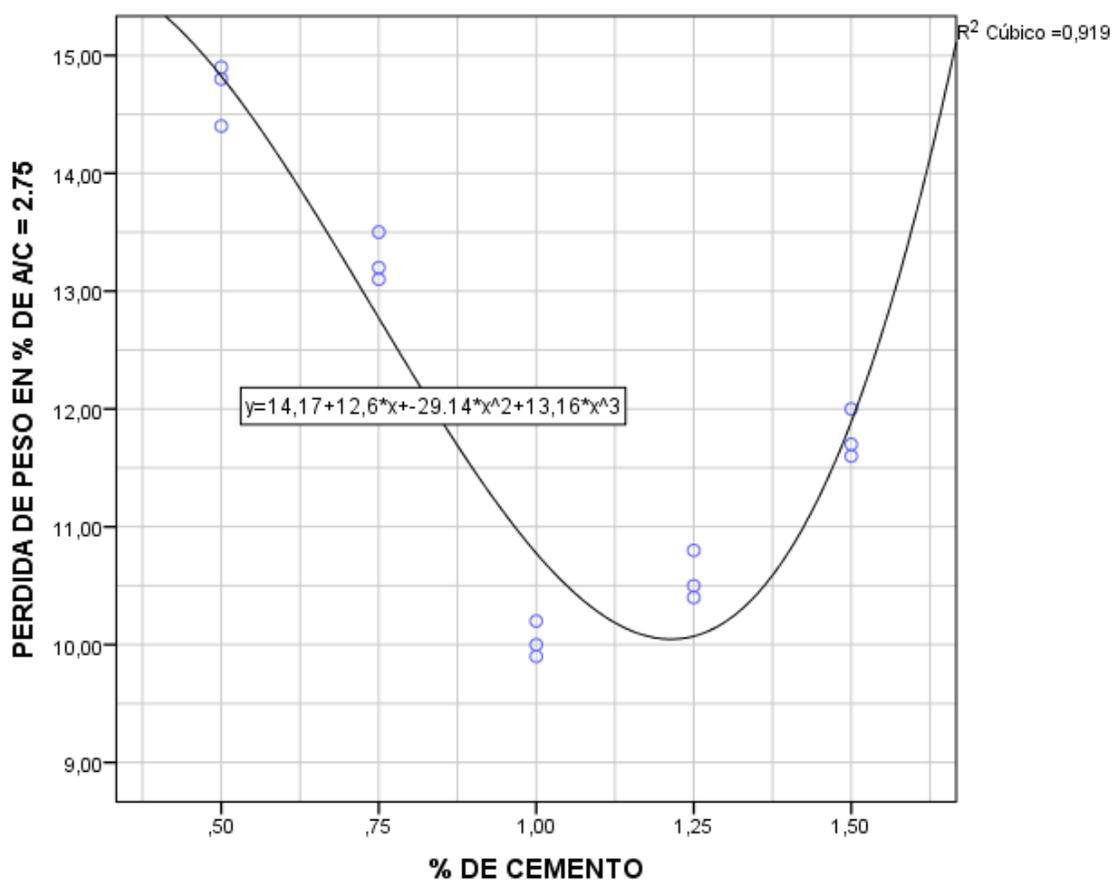


Figura 189 Curva tendencia % de cemento en peso vs ensayo Guilow con a/c =2.75

4.19. Resumen De Resultados

En la siguiente tabla se muestra el resumen de resultados de CBR al 100% de la máxima densidad seca a 0.1" de penetración, se aprecia que con el mortero de A/C = 2 y 0.5% de cemento con respecto al peso ensayo para la muestra se obtiene el mayor CBR.

Tabla 246 Resumen de resultados CBR al 100% a 0.1"

R A/C	% Peso cemento	CBR 100% 0.1"
A/C = 1.75	0.500	100.400
	0.500	99.900
	0.500	99.300
	0.750	103.400
	0.750	102.100
	0.750	104.000
	1.000	105.500
	1.000	104.900
	1.000	104.600
	1.250	106.800
	1.250	106.400
	1.250	107.300
	1.500	107.300
	1.500	107.200
	1.500	107.800
A/C = 2	0.500	111.600
	0.500	113.600
	0.500	112.800
	0.750	106.500
	0.750	105.300
	0.750	105.800
	1.000	101.600
	1.000	100.200
	1.000	101.000
	1.250	94.800
	1.250	95.700
	1.250	96.000
	1.500	104.000
	1.500	104.200
	1.500	103.100
A/C = 2.25	0.500	95.600
	0.500	94.800
	0.500	94.00

	0.750	97.100
	0.750	97.200
	0.750	96.400
	1.000	107.100
	1.000	107.500
	1.000	106.900
	1.250	106.800
	1.250	107.400
	1.250	106.900
	1.500	105.000
	1.500	105.500
	1.500	105.300
A/C = 2.5	0.500	94.700
	0.500	94.900
	0.500	95.000
	0.750	97.100
	0.750	97.700
	0.750	97.300
	1.000	103.500
	1.000	102.900
	1.000	103.000
	1.250	107.200
	1.250	107.700
	1.250	106.700
	1.500	102.000
	1.500	103.000
1.500	103.300	
A/C = 2.75	0.500	92.700
	0.500	93.000
	0.500	92.700
	0.750	95.200
	0.750	94.600
	0.750	95.600
	1.000	107.800
	1.000	106.600
	1.000	106.900
	1.250	106.100
	1.250	106.800
	1.250	106.700
	1.500	102.300
	1.500	101.100

	1.500	102.700
A/C = 0 (NATURAL)	0.00	90.900
	0.00	89.400
	0.00	88.400

En la siguiente tabla se observa el resumen del ensayo de Guilow donde se evalúa a pérdida de material por la presencia de un chorro de agua a presión constante sobre las muestras ensayadas con mortero de cemento se aprecia que para un mortero de A/C = 2 y 0.5% de cemento con respecto al peso del material necesario para el ensayo se produce la menor pérdida de material.

Tabla 247 Resumen de resultados ensayo de Guilow

R A/C	%Peso cemento	Pérdida de peso %
A/C = 1.75	0.500	13.200
	0.500	13.400
	0.500	13.700
	0.750	11.600
	0.750	11.900
	0.750	11.400
	1.000	10.800
	1.000	11.300
	1.000	11.100
	1.250	10.000
	1.250	10.200
	1.250	9.800
	1.500	10.00
	1.500	10.100
	1.500	9.900
A/C = 2	0.500	9.200
	0.500	8.800
	0.500	9.000
	0.750	10.700
	0.750	10.900
	0.750	10.800
	1.000	13.400
	1.000	13.700
	1.000	13.600
	1.250	14.000
	1.250	14.400
	1.250	14.600

	1.500	11.500
	1.500	11.600
	1.500	11.200
A/C = 2.25	0.500	14.000
	0.500	14.500
	0.500	14.700
	0.750	12.800
	0.750	12.700
	0.750	13.200
	1.000	10.000
	1.000	9.900
	1.000	10.300
	1.250	10.000
	1.250	10.400
	1.250	10.200
	1.500	10.800
	1.500	10.700
	1.500	10.800
	A/C = 2.5	0.500
0.500		14.200
0.500		14.700
0.750		12.800
0.750		12.900
0.750		13.400
1.000		11.200
1.000		11.500
1.000		11.700
1.250		10.000
1.250		10.200
1.250		10.400
1.500		11.200
1.500		11.500
1.500		11.400
A/C = 2.75		0.500
	0.500	14.900
	0.500	14.400
	0.750	13.200
	0.750	13.500
	0.750	13.100
	1.000	10.000
	1.000	10.200

	1.000	9.900
	1.250	10.400
	1.250	10.500
	1.250	10.800
	1.500	11.600
	1.500	11.700
	1.500	12.000
A/C = 0 (NATURAL)	0.000	29.700
	0.000	29.800
	0.000	29.200

CAPITULO V

DISCUSION DE RESULTADOS

Hipótesis General

- A partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis general que establece que la adición de mortero de cemento en la base granular reduce el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos, evaluado mediante el ensayo de Guilow.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene la Universidad de los Andes (2010) de la ciudad Bogotá Colombia y Arenas Torrado & Gomez Velasquez (2016), quienes señalan que las fallas en el pavimento rígido depende de varios factores tales como el agua, calidad de drenaje, deflexiones en juntas y esquinas, métodos de transmisión de carga entre losas y las propiedades físico mecánicas de los materiales. Ello es acorde con lo que en este estudio se halla.

Por lo que en concordancia el estudio de los autores referidos con el presente, ellos recomiendan analizar las fallas más frecuentes del pavimento rígido para dar posibles soluciones; este trabajo de tesis presenta una reducción al fenómeno de bombeo adicionando mortero de cemento (cemento y agua) evaluado mediante el Ensayo de Guilow, se comprobó que en la base granular se reduce la erosión del material evaluado.

Hipótesis Especificas

- También a partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis específica que establece que el mortero de cemento mejora las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido.

Estos resultados guardan relación con lo que Lopez Huaman & Lopez Huaman (2014) y Reyes Castillo (2017), quienes señalan que los procesos constructivos y el mal mantenimiento ocasiona estas fallas en los pavimentos rígidos.

Por lo que en concordancia con lo señalado a los autores referidos en el presente, podemos mencionar que con el mortero de cemento mejora las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido, afectando directamente en el valor de soporte (CBR).

- También a partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis específica que establece que el mortero de cemento mejora el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido.

Estos resultados guardan relación con lo que Lopez Huaman & Lopez Huaman (2014) y Reyes Castillo (2017), quienes señalan que los procesos constructivos y el mal mantenimiento ocasiona estas fallas en los pavimentos rígidos.

Por lo que, en concordancia con lo señalado a los autores referidos en el presente, podemos mencionar que con el mortero de cemento mejora el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido, afectando directamente en el valor de soporte (CBR).

- También a partir de los resultados encontrados, aceptamos la hipótesis específica que establece que existe una dosificación óptima del mortero de cemento que controlar el fenómeno de bombeo en el material granular de un pavimento rígido.

Estos resultados guardan relación con lo que sostiene la la Universidad de los Andes (2010) de la ciudad Bogotá Colombia y Arenas Torrado & Gomez Velasquez (2016), quienes recomiendan elaborar estudios de caracterización de la subrasante para profundizar los criterios más certeros de su granulometría.

Por lo que en concordancia con lo señalado a los autores referidos en el presente, podemos mencionar que existe una dosificación óptima del mortero de cemento que controlar el fenómeno de bombeo en el material granular de un pavimento rígido, toda vez que al utilizar 0.5% de cemento con respecto al peso del material necesario para el ensayo y con una relación $A/C = 2$ se evalúa mediante el ensayo de Guilow y se observa que la pérdida de peso producido por el chorro de agua a presión constante es la menor producida, esto representa una reducción de pérdida del peso de un 69.56%.

CONCLUSIONES

- 1) En esta tesis al realizar los ensayos y evaluarlos, se concluye que el mortero de cemento en sus diferentes dosificaciones influye o tiene un efecto positivo para reducir el fenómeno de bombeo.
- 2) También se determinó que al observar los resultados de máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad no son afectados por la adición mortero de cemento ya que la aplicación de este fue superficial y el rango de penetración fue de 1 milímetro.
- 3) De la misma manera se precisa que la influencia del mortero de cemento en el valor de capacidad de soporte (CBR) en el material granular de un pavimento rígido se incrementa.
- 4) Así mismo la dosificación óptima de la adición de mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo es 0.5% de cemento con respecto al peso del material granular en una la relación agua cemento $A/C = 2$.

RECOMENDACIONES

- 1) Se propone el empleo en campo de mortero de cemento para reducir el fenómeno de bombeo porque constituye una opción que eleva la durabilidad del pavimento rígido.
- 2) Se sugiere realizar ensayos posteriores para determinar la influencia del cemento en las propiedades físico mecánicas del material granular de la base de un pavimento rígido; adicionándolo y/o mezclándolo con el material granular.
- 3) Existe una relación entre el valor CBR obtenido y la pérdida de peso por lo cual se aconseja evaluarlo más analíticamente y comprobar esta nueva hipótesis.
- 4) Cada tipo de material granular es distinto por tener diferentes propiedades físico mecánicas, se sugiere ensayar el material a utilizar para un pavimento rígido con mortero de cemento, en 0.5% a 1.5% de cemento en función al peso del material a ensayar y con un mortero de A/C 1.75 a 2.75.

Referencias Bibliográficas

1. **Badillo, J., & Rodriguez, R. (2005).** *Mecanica de Suelos tomo 1 Fundamentos de la Mecanica de Suelos.* Mexico.
2. **Borja S., M. (2012).** *Metodologia de la investigacion cientifica para ingenieros.* Chiclayo.
3. **Braja M., D. (2008).** *Fundamentos de Ingenieria Geotecnica.*
4. **Direccion general de caminos y ferrocarriles. (2004).** Norma tecnica de estabilizadores quimico. Lima, Peru.
5. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2001).** Manual de diseño geometrico para carreteras DG-2001. Lima, Peru.
6. **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016).** Manual de ensayo de materiales. Peru.
7. **Arenas Torrado, E. F., & Gomez Velasquez, J. (2016).** Estudio de las fallas en los pavimentos rigidos para el mantenimiento y rehabilitacion de algunas vias principales del Municipio de Abrego Norte de Santander. Ocaña.
8. **Cote Sosa, G., & Villaba Oyola, L. (2017).** Indice de condicion del pavimento rigido en la ciudad de Cartagena de Indias y medidas de conservacion. Caso de estudio: Carrera 1° del barrio Bocagrande. Cartagena.
9. **Lopez Huaman , C. A., & Lopez Huaman, R. M. (2014).** Determinacion y evaluacion de las patologias en el concreto de pavimentos rigidos, distrito de San Juan Bautista provincia de Huamanga - Ayacucho. Huancavelica, Peru.
10. **Miranda Rebolledo, R. J. (2010).** Deterioros en pavimentos flexibles y rigidos. Valdivia, Chile.
11. **Universidad de los Andes. (Diciembre de 2010).** Estudio de la resistencia a la Erosion de materiales emleados como vases en pavimentos de concreto hidraulico. Bogota, Colombia.

ANEXOS

Matriz De Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA

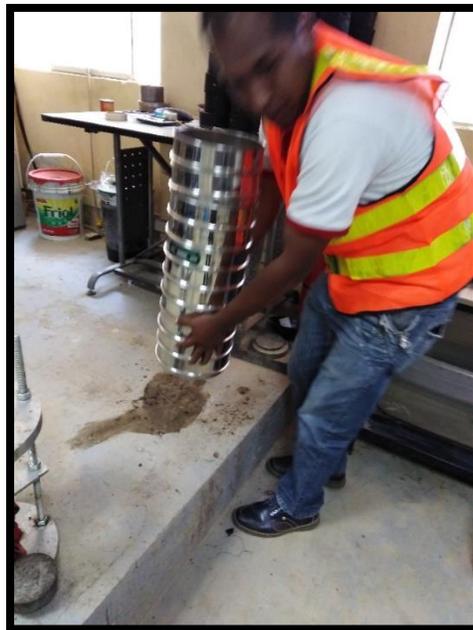
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPOTESIS	VARIABLES	INDICADORES	DIMENSIÓN	ESCALA DE MEDICIÓN - MEDIDAS	DISEÑO METODOLOGICO
GENERAL			VARIABLES DE ESTUDIO Variable Dependiente (Y) Fenómeno de bombeo	Indicadores VD (Y) <ul style="list-style-type: none"> Densidad máxima seca Optimo contenido de humedad CBR Peso. 	Dimensiones VD (Y) <ul style="list-style-type: none"> Propiedades físico mecánicas del material. Valor de soporte del suelo. Ensayo de Guilow 	Medidas VD (Y) <ul style="list-style-type: none"> Gr/cm³ % en peso % en peso Esfuerzo-penetración Kg 	Medidas VI (X) <ul style="list-style-type: none"> % en peso
¿Cuál es el efecto de la adición del mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos?	Evaluar los efectos del mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos.	La adición mortero de cemento en la base granular reduce el fenómeno de bombeo de pavimentos rígidos, evaluado mediante el ensayo de Guilow.					
ESPECIFICO			Variables Independiente (X) Mortero de cemento	Indicadores VI (X) <ul style="list-style-type: none"> Porcentaje 	Dimensiones VI (X) <ul style="list-style-type: none"> Dosificación 	Medidas VI (X) <ul style="list-style-type: none"> % en peso 	POBLACIÓN Material granular de la cantera de Quebrada Honda ubicada en el distrito de El Tambo provincia de Huancayo, región Junín. MUESTRA El tipo de muestreo es no aleatorio o dirigido dado que se tomara una porción de material granular de aproximadamente seis kilogramos de peso, habiendo tomado un total de 60 muestras. TIPO Y NIVEL DE LA INVESTIGACIÓN El tipo de investigación es aplicada, porque basada en un marco teórico, tiene la finalidad de formular nuevas teorías por medio de la recolección de datos y así generar soluciones a problemas específicos que se quieren resolver. El nivel de investigación es descriptivo, explicativo. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN El diseño de la investigación es cuasixperimental; ya que se tendrá un grupo de control el cual son los resultados del material granular en estado natural, y con ello se observará los resultados que se obtendrá al manipular la variable independiente. Oc ---- Xc ---- Mc O1 ---- X1 ---- M1 TÉCNICAS DE PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS RECOLECTADOS Extracción de muestra de cantera de Huancayo específicamente Quebrada Honda, la cantidad necesaria para los ensayos. Caracterización del material granular Determinación de las propiedades del material granular, granulometría límites de consistencia, proctor y CBR. Realización de moldes del material granular sin adición para el ensayo de Guilow. Mezcla de espécimen de material granular con diferentes dosificaciones de mortero de cemento. Realización de moldes del material granular con adición de mortero de cemento para el ensayo de Guilow. Análisis de datos estadísticos, interpretación y elaboración de conclusiones y recomendaciones.
a) ¿Cómo influye el mortero de cemento en las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido?	a) Determinar la influencia del mortero de cemento en las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido.	a) El mortero de cemento mejora las propiedades físico mecánicas del material granular de un pavimento rígido, evaluado mediante el ensayo de Guilow.					
b) ¿De qué manera influye el mortero de cemento en el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido?	b) Precisar la influencia del mortero de cemento en el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido.	b) El mortero de cemento incrementa el valor de capacidad de soporte en el material granular de un pavimento rígido, evaluado mediante el ensayo de Guilow.					
c) ¿Cuál es la dosificación optima de la adición de mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de un pavimento rígido?	c) Especificar la dosificación optima de la adición de mortero de cemento en la base granular para reducir el fenómeno de bombeo de un pavimento rígido.	c) Existe una dosificación optima del mortero de cemento que reduce el fenómeno de bombeo en el material granular de un pavimento rígido, evaluado mediante el ensayo de Guilow.					

Anexo 1 Material de base granular



Descripcion. Se puede observar el lugar de almacenaje del material obtenido de la cantera.

Anexo 2 Tamizado del material



Descripcion. En esta sección se observa el tamizado de manera mecánica y/o manual con los tamices o mallas normalizadas.

Anexo 3 Ensayo limite liquido



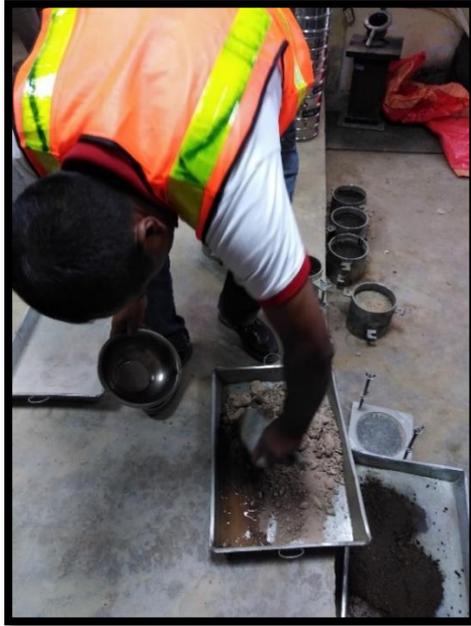
Descripcion. En esta parte se observa la utilización de la copa de Casagrande para obtener el limite líquido.

Anexo 4 Ensayo contenido de humedad



Descripcion. Para el contenido de humedad se utilizó el horno electrónico el cual garantiza una mejor precisión de los datos obtenidos.

Anexo 5 Ensayo proctor modificado



Descripcion. Se observa la mezcla previa a la compactación para el ensayo de proctor modificado

Anexo 6 Compactación CBR



Descripcion. Para el ensayo de CBR es necesario compactar en 5 capas con 56 golpes por cada capa o estrato.

Anexo 7 CBR con mortero de cemento



Descripcion. Se observa que se adiciono de manera superficial el mortero de cemento.

Anexo 8 Mortero de cemento



Descripcion. En esta foto se observa la preparación del mortero cemento.

Anexo 9 Curado Muestras de CBR



Descripcion. Se puede observar tres moldes de CBR curándose.

Anexo 10 Ensayo de CBR



Descripcion. Se puede observar el ensayo de CBR en la prensa de Marshall el cual nos da los datos de esfuerzo y penetración.

Anexo 11 Muestras para ensayo de Guilow



Descripcion. Luego de realizar el ensayo de CBR las muestras se dejan secar y se cubren de tal manera que no se deterioren por el medio ambiente para poder ensayar mediante Guilow.

Anexo 12 Peso de Muestras



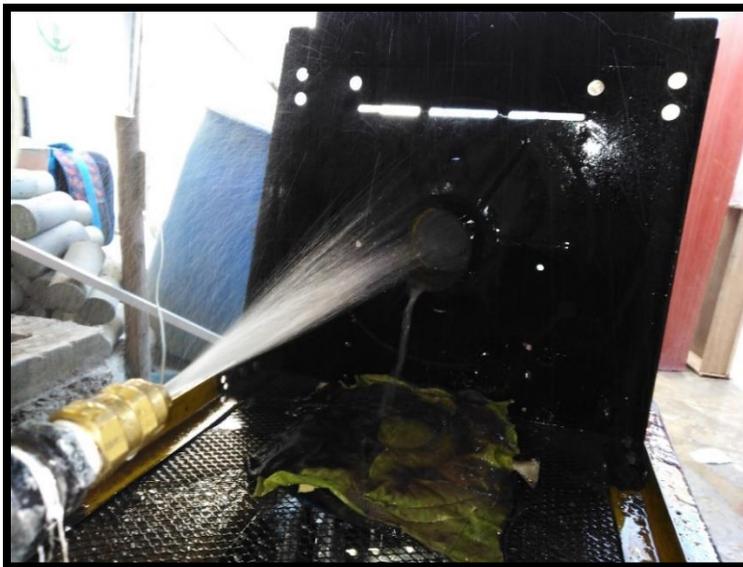
Descripcion. Es necesario pensar la muestra antes del ensayo de Guilow.

Anexo 13 Ensayo de Guilow



Descripción. Se observar como el chorro de agua a presión constante se dirige hacia la muestra.

Anexo 14 Chorro de agua a presión constante



Descripción. En esta imagen se aprecia de una mejor manera como se produce la erosión en la muestra a ensayar.

Anexo 15 Medición de la erosión



Descripcion. Luego de producirse la erosión se procede a medir la profundidad y el radio de la erosión.