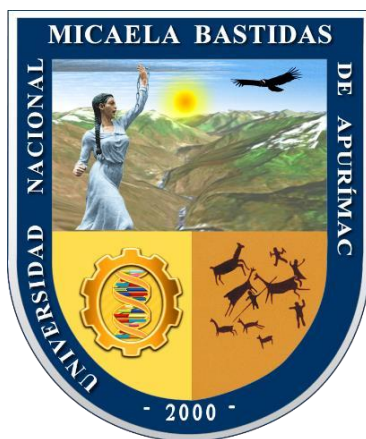


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Tesis

Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado, utilizando material granular reciclado del pavimento asfáltico en la carretera AP – 646, del distrito de Abancay – Abancay
– Apurímac, 2023

Presentado por:

Aldo Herbas Cuevas

Jherly Flor Garrafa García

Para optar el título profesional de Ingeniero Civil

Abancay, Perú

2024



UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURÍMAC
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS

Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado, utilizando material granular reciclado del pavimento asfáltico en la carretera AP – 646, del distrito de Abancay – Abancay
– Apurímac, 2023

Presentado por **Aldo Herbas Cuevas y Jherly Flor Garrafa García**, para optar el título de:
Ingeniero Civil

Sustentado y aprobado el 02 de octubre de 2024 ante el jurado evaluador:

Presidente:



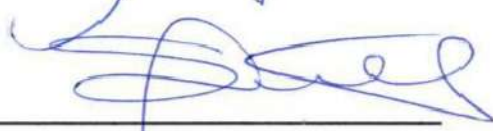
Mtro. Diomedes Napoleón Ferrel Sarmiento

Primer Miembro:



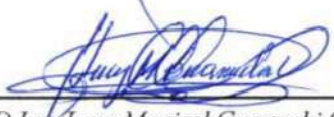
Dra. Guadalupe Chaquilla Quilca

Segundo Miembro:



Mag. Saul Moreano Carrasco

Asesor:



PhD Ing. Lucy Marisol Guanuchi Orellana

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD N° 179-2024

La Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac, a través de la Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería declara que, la Tesis intitulada: **Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado, utilizando material granular reciclado del pavimento asfáltico en la carretera AP – 646, del distrito de Abancay – Abancay – Apurímac, 2023**, presentado por los Bachs. **Aldo Herbas Cuevas y Jherly Flor Garrafa García**, Para optar el Título de **Ingeniero Civil**; ha sido sometido a un mecanismo de evaluación y verificación de similitud, a través del Software Turnitin, siendo el índice de similitud ACEPTABLE de **(20%)** por lo que, cumple con los criterios de originalidad establecidos por la Universidad.

Abancay, 23 de setiembre del 2024


UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS
DE APURIMAC
Dr. Lintol Contreras Salas
DIRECTOR(E) DE LA UNIDAD DE INVESTIGACIÓN
FACULTAD DE INGENIERÍA

C. c.
Archivo
REG. N° 688

Agradecimiento

Agradezco a Dios por permitirnos concretizar esta etapa, a nuestra alma mater Universidad Nacional Micaela Bastidas de Apurímac por su formación académica durante los estudios de pregrado, así mismo esta tesis fue ganadora y financiada parcialmente, a través del vicerrectorado de investigación de la UNAMBA, mediante el V Concurso de Investigación Científica y Tecnológica de Proyectos de Tesis de Pregrado, financiado con fondos de Canon, Sobre canon y Regalías Mineras 2023.

A mis padres Faustina Cuevas Maucaylle, Victor Herbas Arcos y hermanas, por el apoyo brindado durante mi formación profesional, quienes con esfuerzo y dedicación supieron darme una educación llena de valores y virtudes.

Un agradecimiento especial a la Ph.D. Ing. Lucy Marisol Guanuchi Orellana, por su orientación durante el desarrollo de la investigación, hasta su finalización.

Aldo Herbas Cuevas

Agradezco infinitamente a mi padre Palermo Garrafa y madre Antonia García por la formación y educación que con mucho esfuerzo e ímpetu supieron darme.

A mis familiares, hermanas y amigos, porque cada uno ha contribuido con su apoyo, confianza y cariño lo cual es invaluable.

Jherly Flor Garrafa García



Dedicatoria

A mis padres Faustina Cuevas Maucaylle y Víctor Herbas Arcos por ser la motivación de seguir adelante, siendo los pilares fundamentales durante el periodo de mi formación profesional.

Aldo Herbas Cuevas

A mis padres y hermanas, por su amor incondicional durante mi carrera académica. Este éxito no habría sido alcanzado sin su ayuda.

Jherly Flor Garrafa García



Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado, utilizando material granular reciclado del pavimento asfáltico en la carretera AP – 646, del distrito de Abancay – Abancay
– Apurímac, 2023

Línea de investigación: Ingeniería de la construcción

Esta publicación está bajo una Licencia Creative Commons.



ÍNDICE

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
RESUMEN	2
ABSTRACT	3
CAPÍTULO I	4
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	4
1.1 Descripción del problema	4
1.2 Enunciado del problema	5
1.2.1 Problema general.	5
1.2.2 Problemas específicos.....	5
1.3 Justificación de la investigación	6
1.3.1 Justificación teórica	6
1.3.2 Justificación practica	6
1.3.3 Justificación social.....	6
1.3.4 Justificación económica.....	7
1.3.5 Justificación ambiental	7
CAPÍTULO II	8
OBJETIVOS E HIPÓTESIS	8
2.1 Objetivos de la investigación.....	8
2.1.1 Objetivo general.....	8
2.1.2 Objetivos específicos	8
2.2 Hipótesis de la investigación	9
2.2.1 Hipótesis general	9
2.2.2 Hipótesis específicas.....	9
2.3 Operacionalización de variables	9
CAPÍTULO III	10
MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	10
3.1 Antecedentes	10

3.1.1	Internacional	10
3.1.2	Nacional	11
3.2	Marco Teórico	13
3.2.1	Pavimentos.....	13
3.2.2	Pavimento flexible	13
3.2.3	Ventajas y desventajas del uso del pavimento flexible	15
3.2.4	Elementos estructurales que integran un pavimento flexible	17
3.2.5	Estabilización de suelos.....	19
3.2.6	Compactación de suelos.	20
3.2.7	Material granular reciclado de pavimentos flexibles.....	21
3.2.8	Tipos de reciclajes de pavimento flexible	21
3.2.9	Ventajas del reciclado como técnica de conservación.....	23
3.2.10	Afirmado.....	24
3.2.11	Requisitos para un afirmado	25
3.2.12	Ensayos de laboratorio.....	26
3.2.13	Número de ensayos de CBR para carreteras.....	39
3.2.14	Clasificación de suelos	39
3.3	Marco Conceptual.....	46
CAPÍTULO IV.....		49
METODOLOGÍA.....		49
4.1	Tipo y nivel de investigación.....	49
4.1.1	Tipo de investigación.....	49
4.1.2	Nivel de investigación	49
4.2	Diseño de la investigación	49
4.3	Descripción ética de la investigación.....	50
4.4	Población y muestra.....	50
4.4.1	Población	50
4.4.2	Muestra	50
4.5	Procedimiento	56
4.5.1	Recolección de información	56
4.5.2	Recolección de materiales	56
4.5.3	Ensayos de laboratorio.....	58
4.6	Técnicas e Instrumentos	58
4.6.1	Nivel de significancia	58

4.6.2	Prueba de normalidad	58
4.6.3	Prueba de homogeneidad o igualdad de varianzas	59
4.6.4	Pruebas post hoc	59
4.7	Análisis estadístico	59
4.7.1	Análisis de varianza de un factor.....	60
4.7.2	Prueba de una hipótesis estadística.....	60
CAPÍTULO V		62
RESULTADOS Y DISCUSIÓN		62
5.1	Análisis de resultados	62
5.1.1	Resultados de CBR.....	62
5.1.2	Resultados de óptimo contenido de humedad	68
5.1.3	Resultados de densidad seca.....	70
5.1.4	Resultados para la dosificación optima	71
5.2	Contrastación de hipótesis	73
5.3	Discusión	89
5.3.1	Respecto al CBR.....	89
5.3.2	Respecto al contenido de humedad óptimo	90
5.3.3	Respecto a la densidad seca.....	91
5.3.4	Respecto a la dosificación óptima	92
CAPÍTULO VI.....		93
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		93
6.1	Conclusiones.....	93
6.2	Recomendaciones	94
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		96
ANEXOS		99

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 — Operacionalización de variables.....	9
Tabla 2 — Exigencias de calidad para un afirmado	25
Tabla 3 — Requisitos granulométricos para un afirmado	26
Tabla 4 — Ensayos de laboratorio	26
Tabla 5 — Ensayos y frecuencias para un afirmado	27
Tabla 6 — Tamices para el análisis granulométrico	29
Tabla 7 — Penetraciones para las lecturas de carga.....	38
Tabla 8 — Número de ensayos MR y CBR	39
Tabla 9 — Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	40
Tabla 10 — Clasificación de suelos según índice de plasticidad	41
Tabla 11 — Clasificación de suelos según equivalente de arena	41
Tabla 12 — Clasificación de suelos según índice de grupo	42
Tabla 13 — Clasificación de los suelos método AASHTO	43
Tabla 14 — Clasificación de los suelos método SUCS	44
Tabla 15 — Esquema del desarrollo experimental.....	50
Tabla 16 — Muestras para el grupo experimental 1 (G ₁).....	51
Tabla 17 — Muestras para el grupo experimental 2 (G ₂).....	52
Tabla 18 — Muestras para el grupo experimental 3 (G ₃).....	52
Tabla 19 — Muestras para el grupo experimental 4 (G ₄).....	53
Tabla 20 — Muestras para el grupo experimental 5 (G ₅).....	53
Tabla 21 — Muestras para el grupo experimental 6 (G ₆).....	54
Tabla 22 — Muestras para el grupo experimental 7 (G ₇).....	54
Tabla 23 — Muestras para el grupo experimental 8 (G ₈).....	55
Tabla 24 — Muestras para el grupo experimental 9 (G ₉).....	55
Tabla 25 — Resultado de CBR del grupo experimental 1 (G ₁)	62
Tabla 26 — Resultado de CBR del grupo experimental 2 (G ₂)	63
Tabla 27 — Resultado de CBR del grupo experimental 3 (G ₃)	63
Tabla 28 — Resultado de CBR del grupo experimental 4 (G ₄)	64



Tabla 29 — Resultado de CBR del grupo experimental 5 (G_5)	64
Tabla 30 — Resultado de CBR del grupo experimental 6 (G_6)	65
Tabla 31 — Resultado de CBR del grupo experimental 7 (G_7)	65
Tabla 32 — Resultado de CBR del grupo experimental 8 (G_8)	66
Tabla 33 — Resultado de CBR del grupo experimental 9 (G_9)	66
Tabla 34 — Resumen ensayo de CBR al 100 % de su densidad seca máxima.....	67
Tabla 35 — Resumen de contenido de humedad óptimo.....	68
Tabla 36 — Resumen de resultados de la densidad seca	70
Tabla 37 — Granulometría del material de afirmado por tamizado.....	71
Tabla 38 — Resumen de las propiedades físico mecánicas por grupo experimental.....	72
Tabla 39 — Prueba de normalidad para resultados de CBR	74
Tabla 40 — Prueba de igualdad de varianzas para los resultados de CBR.....	75
Tabla 41 — Análisis de varianza de un factor para los resultados de CBR.....	75
Tabla 42 — Comparaciones múltiples HSD Tukey para los resultados de CBR.....	76
Tabla 43 — Subconjuntos homogéneos para resultados de CBR	77
Tabla 44 — Prueba de normalidad para el contenido de humedad óptimo.....	79
Tabla 45 — Prueba de igualdad de varianza para el contenido de humedad óptimo.....	80
Tabla 46 — Análisis de varianza de un factor para el contenido de humedad óptimo	80
Tabla 47 — Comparaciones múltiples HSD Tukey para el contenido de humedad óptimo....	81
Tabla 48 — Subconjuntos homogéneos para el contenido de humedad óptimo.....	83
Tabla 49 — Prueba de normalidad para la densidad seca	85
Tabla 50 — Prueba de igualdad de varianzas para la densidad seca.....	85
Tabla 51 — Análisis de varianza de un factor para la densidad seca.....	86
Tabla 52 — Comparaciones múltiples HSD Tukey para la densidad seca	86
Tabla 53 — Subconjuntos homogéneos para la densidad seca	88
Tabla 54 — Matriz de consistencia de la investigación	101

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 — Pavimento rígido y flexible.....	13
Figura 2 — Partes que conforman la estructura del pavimento flexible	14
Figura 3 — Etapas para la preparación de la base.....	18
Figura 4 — Principios de compactación.....	21
Figura 5 — Tipos de reciclajes de pavimento flexible.....	22
Figura 6 — Cuarteo de muestras sobre una lona.....	28
Figura 7 — Signos convencionales para perfil de calicatas según AASHTO.....	45
Figura 8 — Signos convencionales para perfil de calicatas según SUCS.....	45
Figura 9 — Esquema de procedimientos de la investigación.....	56
Figura 10 — Ubicación de la carrera AP-646	56
Figura 11 — Ubicación de la Av. Pachacútec.....	57
Figura 12 — Ubicación de la cantera el gran Chaparral	57
Figura 13 — Resumen del ensayo CBR para cada grupo experimental	67
Figura 14 — Promedio de resultados de los ensayos CBR de cada grupo experimental.....	68
Figura 15 — Resumen del contenido de humedad óptimo por grupo experimental.....	69
Figura 16 — Promedio de resultados del contenido de humedad óptimo por grupo experimental	69
Figura 17 — Resumen de las densidades secas de cada grupo experimental	70
Figura 18 — Promedio de resultados de la densidad seca por grupo experimental.....	70
Figura 19 — Curva granulométrica del afirmado	72
Figura 20 — Grafico de medias del ensayo de CBR.....	78
Figura 21 — Grafico de medias del contenido de humedad óptimo	83
Figura 22 — Grafico de medias de las densidades secas	88
Figura 23 — Resultados de límite líquido y límite plástico de la muestra patrón	104
Figura 24 — Resultado de análisis granulométrico de la muestra patrón	105
Figura 25 — Resultado proctor modificado grupo experimental 1 (G ₁) muestra M ₁₁	106
Figura 26 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G ₁) muestra M ₁₁ 1 de 2.....	107
Figura 27 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G ₁) muestra M ₁₁ 2 de 2.....	108

Figura 28 — Resultado proctor modificado grupo experimental 1 (G_1) muestra M_{21}	109
Figura 29 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G_1) muestra M_{21} 1 de 2.....	110
Figura 30 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G_1) muestra M_{21} 2 de 2.....	111
Figura 31 — Resultado proctor modificado grupo experimental 1 (G_1) muestra M_{31}	112
Figura 32 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G_1) muestra M_{31} 1 de 2.....	113
Figura 33 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G_1) muestra M_{31} 2 de 2.....	114
Figura 34 — Resultado proctor modificado grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{12}	115
Figura 35 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{12} 1 de 2.....	116
Figura 36 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{12} 2 de 2.....	117
Figura 37 — Resultado proctor modificado grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{22}	118
Figura 38 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{22} 1 de 2.....	119
Figura 39 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{22} 2 de 2.....	120
Figura 40 — Resultado proctor modificado grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{32}	121
Figura 41 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{32} 1 de 2.....	122
Figura 42 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G_2) muestra M_{32} 2 de 2.....	123
Figura 43 — Resultado proctor modificado grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{13}	124
Figura 44 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{13} 1 de 2.....	125
Figura 45 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{13} 2 de 2.....	126
Figura 46 — Resultado proctor modificado grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{23}	127
Figura 47 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{23} 1 de 2.....	128
Figura 48 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{23} 2 de 2.....	129
Figura 49 — Resultado proctor modificado grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{33}	130
Figura 50 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{33} 1 de 2.....	131
Figura 51 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G_3) muestra M_{33} 2 de 2.....	132
Figura 52 — Resultado proctor modificado grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{14}	133
Figura 53 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{14} 1 de 2.....	134
Figura 54 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{14} 2 de 2.....	135
Figura 55 — Resultado proctor modificado grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{24}	136
Figura 56 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{24} 1 de 2.....	137
Figura 57 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{24} 2 de 2.....	138
Figura 58 — Resultado proctor modificado grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{34}	139
Figura 59 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{34} 1 de 2.....	140
Figura 60 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G_4) muestra M_{34} 2 de 2.....	141
Figura 61 — Resultado proctor modificado grupo experimental 5 (G_5) muestra M_{15}	142

Figura 62 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₁₅ 1 de 2.....	143
Figura 63 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₁₅ 2 de 2.....	144
Figura 64 — Resultado proctor modificado grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₂₅	145
Figura 65 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₂₅ 1 de 2.....	146
Figura 66 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₂₅ 2 de 2.....	147
Figura 67 — Resultado proctor modificado grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₃₅	148
Figura 68 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₃₅ 1 de 2.....	149
Figura 69 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G ₅) muestra M ₃₅ 2 de 2.....	150
Figura 70 — Resultado proctor modificado grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₁₆	151
Figura 71 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₁₆ 1 de 2.....	152
Figura 72 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₁₆ 2 de 2.....	153
Figura 73 — Resultado proctor modificado grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₂₆	154
Figura 74 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₂₆ 1 de 2.....	155
Figura 75 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₂₆ 2 de 2.....	156
Figura 76 — Resultado proctor modificado grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₃₆	157
Figura 77 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₃₆ 1 de 2.....	158
Figura 78 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G ₆) muestra M ₃₆ 2 de 2.....	159
Figura 79 — Resultado proctor modificado grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₁₇	160
Figura 80 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₁₇ 1 de 2.....	161
Figura 81 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₁₇ 2 de 2.....	162
Figura 82 — Resultado proctor modificado grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₂₇	163
Figura 83 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₂₇ 1 de 2.....	164
Figura 84 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₂₇ 2 de 2.....	165
Figura 85 — Resultado proctor modificado grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₃₇	166
Figura 86 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₃₇ 1 de 2.....	167
Figura 87 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G ₇) muestra M ₃₇ 2 de 2.....	168
Figura 88 — Resultado proctor modificado grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₁₈	169
Figura 89 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₁₈ 1 de 2.....	170
Figura 90 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₁₈ 2 de 2.....	171
Figura 91 — Resultado proctor modificado grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₂₈	172
Figura 92 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₂₈ 1 de 2.....	173
Figura 93 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₂₈ 2 de 2.....	174
Figura 94 — Resultado proctor modificado grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₃₈	175
Figura 95 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₃₈ 1 de 2.....	176

Figura 96 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G ₈) muestra M ₃₈ 2 de 2.....	177
Figura 97 — Resultado proctor modificado grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₁₉	178
Figura 98 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₁₉ 1 de 2	179
Figura 99 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₁₉ 2 de 2.....	180
Figura 100 — Resultado proctor modificado grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₂₉	181
Figura 101 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₂₉ 1 de 2.....	182
Figura 102 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₂₉ 2 de 2.....	183
Figura 103 — Resultado proctor modificado grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₃₉	184
Figura 104 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₃₉ 1 de 2.....	185
Figura 105 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G ₉) muestra M ₃₉ 2 de 2.....	186
Figura 106 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 1 de 5	188
Figura 107 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 2 de 5	189
Figura 108 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 3 de 5	190
Figura 109 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 4 de 5	191
Figura 110 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 5 de 5	192
Figura 111 — Certificado de calibración trípode de expansión de CBR	193
Figura 112 — Certificado de calibración placa de expansión en bronce para CBR	194
Figura 113 — Certificado de calibración molde de compactación proctor modificado	195
Figura 114 — Certificado de calibración martillo de compactación modificado	196
Figura 115 — Certificado de calibración horno 1 de 3	197
Figura 116 — Certificado de calibración horno 2 de 3	198
Figura 117 — Certificado de calibración horno 3 de 3	199
Figura 118 — Certificado de calibración tamizadora eléctrica.....	200
Figura 119 — Certificado de calibración pie de rey digital	201
Figura 120 — Certificado de calibración balanza de clase I 1 de 2	202
Figura 121 — Certificado de calibración balanza de clase I 2 de 2	203
Figura 122 — Certificado de calibración balanza de clase II 1 de 2.....	204
Figura 123 — Certificado de calibración balanza de clase II 2 de 2.....	205
Figura 124 — Situación actual de la carretera en el km 3+300 y km 0+800	207
Figura 125 — Situación actual de la carretera en el km 3+600 y km 4+000.....	207
Figura 126 — Situación actual de la carretera en el km 5+000 y km 6+600.....	207
Figura 127 — Reciclaje de pavimento asfáltico en la Av. Pachacútec	208
Figura 128 — Recolección del afirmado de la cantera el gran Chaparral.....	208
Figura 129 — Cuarteo de muestras	208

Figura 130 — Trituración y preparación del pavimento asfáltico reciclado	209
Figura 131 — Análisis granulométrico de muestras	209
Figura 132 — Análisis granulométrico mediante tamizadora mecánica.....	209
Figura 133 — Ensayo para la determinación de los límites de consistencia.....	210
Figura 134 — Secado de muestras en horno.	210
Figura 135 — Ensayo de equivalente de arena	210
Figura 136 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 0 %	211
Figura 137 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 15 %	211
Figura 138 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 20 %	212
Figura 139 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 25 %	212
Figura 140 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 45 %	213
Figura 141 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 0 %	213
Figura 142 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 0 %	214
Figura 143 — Culminación de penetración de la muestra con adición de RAP al 0 %	214
Figura 144 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 10 %	215
Figura 145 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 15 %	215
Figura 146 — Inmersión de muestras en un tanque de agua.....	216
Figura 147 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 15 %	216
Figura 148 — Culminación de penetración de la muestra con adición de RAP al 15 %	217
Figura 149 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 20 %	217
Figura 150 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 15 % y 20 %	218
Figura 151 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 30 %	218
Figura 152 — Preparativos para la inmersión de la muestra con adición de RAP al 30 % ...	219
Figura 153 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 45 %	219
Figura 154 — Preparativos para la inmersión de la muestra con adición de RAP al 45 % ...	220
Figura 155 — Culminación de penetración de la muestra con adición de RAP al 45%	220
Figura 156 — Culminación de penetración de las muestras con adición de RAP al 5 %, 10 % y 20 %	221
Figura 157 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 60 %	221
Figura 158 — Plano de ubicación de la carretera AP - 646	223

INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción ha sido pionera en la creación de nuevas tecnologías para reciclar los materiales de construcción que se desechan al final de su ciclo de vida. Por lo tanto, algunas de ellas se pueden reutilizar, como el pavimento flexible (Castillo Martínez, 2016).

Teniendo en cuenta el agotamiento de las fuentes de los agregados naturales, existen una escasez en el mercado, esto conlleva a un aumento en el costo. El uso de agregados reciclados en la construcción y mantenimiento de carreteras es uno de los mejores enfoques alternativos más sostenibles, lo que reduce la contaminación (Rout Et Al. 2023).

El objetivo de la investigación es mejorar las propiedades físico mecánicas del afirmado para que pueda reutilizarse como material de pavimento asfáltico reciclado. Se realizó el análisis correspondiente en laboratorio con diversos porcentajes de adición de RAP, estos resultados fueron comparados entre sí y con el material de cantera o patrón, de esa manera verificar si es factible la reutilización del material granular del pavimento asfáltico reciclado.

Este trabajo de investigación incluye 6 capítulos:

En el capítulo I, se desarrolló el planteamiento del problema, se identificó el problema general, se identificó los problemas específicos y finalmente se determinó la justificación de la investigación. En el capítulo II, incluye las hipótesis, la operacionalización de las variables y los objetivos de la investigación. En el capítulo III, se desarrolla todo el marco teórico citando trabajos de investigación similares que aporten a este trabajo de investigación, de la misma manera se desarrolla las teorías más importantes a ser tratadas dentro de la investigación. El Capítulo IV describe el diseño metodológico, que incluye el tipo y nivel de investigación, el diseño de investigación, la población, la muestra, el procesamiento de la investigación, las técnicas e instrumentos y finalmente el análisis estadístico. En el capítulo V, presenta el análisis de resultados, la contrastación de hipótesis y las discusiones. En el capítulo VI, presenta las conclusiones y recomendaciones de la investigación.



RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo fundamental el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646, mediante la reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico en el distrito de Abancay, provincia de Abancay del departamento de Apurímac. El tipo de investigación es experimental ya que se manipuló la variable independiente de manera intencionada, con un enfoque cuantitativo debido a que, los datos analizados presentan valores numéricos y un nivel de investigación explicativo ya que, se determinó la causa efecto entre las variables independiente y dependiente, teniendo como población el material utilizable de la cantera el Gran Chaparral el cual es utilizado para el mantenimiento de la carretera AP-646. Para relacionar las variables se formó nueve grupos experimentales denotados como G₁, G₂, G₃, G₄, G₅, G₆, G₇, G₈ y G₉ con adición de material granular del pavimento asfáltico reciclado (RAP) al 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % respectivamente. De los resultados obtenidos en el ensayo de CBR, la media del grupo experimental 3 (G₃) cuenta con el porcentaje más alto de CBR llegando a incrementar su valor en 123.93 % respecto al patrón, como también se verificó que todos los grupos experimentales a nivel de CBR superan al patrón. En el ensayo de proctor modificado la media del óptimo contenido de humedad del grupo experimental 5 (G₅), es superior a los demás e incrementa su valor en 1.77 % respecto al patrón, para adiciones superiores al 20 % el porcentaje de óptimo contenido de humedad es inferior al patrón y la densidad seca disminuye a medida que se va incrementando el porcentaje de RAP. Podemos concluir que la óptima dosificación que mejor aporta a las propiedades físico mecánicas del afirmado es la adición de 10 % de pavimento asfáltico reciclado, perteneciente al grupo experimental 3 (G₃), con una media de CBR de 95.91 %, una media de óptimo contenido de humedad de 6.24 % y máxima densidad seca de 2.27 gr/cm³, de acuerdo a los resultados de la investigación se contrastó la hipótesis mediante el análisis de varianza (ANOVA), de los cuales podemos concluir que, la reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado utilizado para la carretera AP – 646.

Palabras clave: *Pavimento asfáltico reciclado, CBR, proctor modificado, dosificación óptima.*



ABSTRACT

The main objective of this research is to improve the physical and mechanical properties of the material used as asphalt for the AP-646 highway, by reusing recycled granular material from the asphalt pavement in the district of Abancay, province of Abancay, department of Apurímac. The type of research is experimental since the independent variable was manipulated intentionally, with a quantitative approach because the data analyzed present numerical values and an explanatory level of research since the cause and effect between the independent and dependent variables was determined, having as population the usable material from the Gran Chaparral quarry, which is used for the maintenance of the AP-646 highway. To relate the variables, nine experimental groups were formed, denoted as G_1 , G_2 , G_3 , G_4 , G_5 , G_6 , G_7 , G_8 and G_9 with the addition of granular material from recycled asphalt pavement (RAP) at 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % and 60 % respectively. From the results obtained in the CBR test, the average of experimental group 3 (G_3) has the highest percentage of CBR, increasing its value by 123.93 % with respect to the pattern, as it was also verified that all experimental groups at the CBR level exceed the pattern. In the modified proctor test the average optimum moisture content of experimental group 5 (G_5) is higher than the others and increases its value by 1.77 % with respect to the pattern, for additions greater than 20 % the percentage of optimum moisture content is lower than the pattern and the dry density decreases as the RAP percentage increases. We can conclude that the optimum dosage that best contributes to the physical mechanical properties of the asphalt pavement is the addition of 10 % of recycled asphalt pavement, belonging to experimental group 3 (G_3), with an average CBR of 95.91 %, an average optimum moisture content of 6.24 % and maximum dry density of 2.27 gr / cm³, according to the results of the investigation the hypothesis was contrasted by analysis of variance (ANOVA), from which we can conclude that the reuse of recycled granular material from the asphalt pavement influences the improvement of the physical mechanical properties of the asphalt pavement used for the AP - 646 highway.

Keywords: *Recycled asphalt pavement, CBR, modified proctor, optimal dosage.*



CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Descripción del problema

En la ingeniería civil, es necesario incorporar nuevas técnicas de construcción con materiales reciclados que incorporen nuevas tendencias en la gestión de desechos, preservando el medio ambiente y optimizando recursos y materiales. Esto se debe a que la prevención de desechos provenientes de las demoliciones es insuficiente. Los desechos que se producen cuando se reparan vías de pavimento flexible incluyen restos de mezclas asfálticas, materiales áridos y otros materiales. El reciclaje tiene como objetivo reutilizar el material de los desechos de pavimentos flexibles que han terminado su vida útil como base o subbase (López Mancheno y Paredes Montero, 2020).

Así mismo según Crispín Paucar y Helguero Calderón (2019) mencionan que, debido a sus múltiples ventajas, la rehabilitación de vías con pavimento asfáltico reciclado es una alternativa muy utilizada en varios países en todo el mundo. Sin embargo, en nuestro país no se le está dando la consideración que debería dársele, el conocimiento sobre la reutilización del RAP es muy genérico y no se han realizado proyectos pilotos de aplicación que demuestren las múltiples ventajas técnicas, económicas y ambientales de su uso.

Camacho Salazar (2016) con la finalidad de promover la reutilización del pavimento asfáltico reciclado (RAP) como una opción que permita reducir los costos de los proyectos de conservación vial, además de las ventajas a nivel ambiental que representa reutilizar este material, lo que resultaría en una disminución en la demanda de agregados. Además, en base a la determinación de las propiedades de los materiales, menciona que, debido a la variabilidad del material, las fuentes de RAP tienen propiedades físico-mecánicas muy diferentes. Por lo tanto, es necesario caracterizar el material antes de su uso. Por lo tanto, el objetivo principal de agregar RAP a la mezcla asfáltica es mejorar la sostenibilidad al reducir el impacto ambiental de la reutilización de materiales de desecho con alto potencial mecánico y la reducción de la extracción de afirmados.



En el ámbito económico Miranda y Agular (2019), señalan que reemplazar un cierto porcentaje de los materiales de la mezcla asfáltica ayudará a ahorrar la cantidad de ligante asfáltico y agregados necesarios para producir la mezcla, reduciendo el precio general del producto.

Las actividades de construcción en Abancay, como la reparación de vías, la demolición de calzadas y estructuras en general, generan grandes cantidades de desperdicio de materiales de construcción como el pavimento asfáltico y las mezclas asfálticas. Por lo tanto, hay pocos lugares para alojar estos materiales y, al no tener donde desecharlos de manera oculta, se desechan en lugares no autorizados y sin control, lo que causa un problema ambiental.

La carretera AP – 646 del distrito de Abancay, tiene una superficie de rodadura en mal estado, con un nivel de intervención de mantenimiento y ampliación, al transcurrir el tiempo se incrementa la demanda de vehículos y la superficie de rodadura se deteriora cada vez más, para lo cual es prioritario plantear el mejoramiento con mayor tiempo de durabilidad.

1.2 Enunciado del problema

1.2.1 Problema general.

¿En qué medida la reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?

1.2.2 Problemas específicos.

- ¿En qué medida la adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el CBR del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?
- ¿En qué medida la adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el óptimo contenido de humedad del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?
- ¿En qué medida la adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en la densidad seca del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?



- ¿Cuál es la dosificación óptima con adición de material granular reciclado del pavimento asfáltico para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?

1.3 Justificación de la investigación

1.3.1 Justificación teórica

López Mancheno (2020) indica que, el RAP puede utilizarse como subbase para pavimentos flexibles. La propuesta teórica de la presente investigación es complementar la información existente sobre la reutilización del pavimento asfáltico reciclado como material granular en afirmados para carreteras de bajo volumen de tránsito (Hernández Sampieri, 2014).

La presente investigación está enmarcada en determinar como el pavimento asfáltico reciclado mejora las propiedades físico mecánicas del afirmado, cumpliendo con los criterios establecidos por el MTC. Los resultados obtenidos proporcionarán conocimientos y datos científicos en temas de reutilización del pavimento asfáltico.

1.3.2 Justificación practica

La investigación propone mejorar las características físico mecánicas del afirmado que actualmente se coloca en vías no pavimentadas, mediante la reutilización del RAP, buscando disminuir su deterioro rápido como resultado de las fuertes precipitaciones dadas en la región, teniendo como producto final la adecuada transitabilidad de la carretera AP-646. El análisis en laboratorio se llevó a cabo de acuerdo con las normas técnicas actuales establecidas por el MTC, es por ello que se garantiza su confiabilidad en los resultados obtenidos para que pueden ser utilizados en obras viales que estén constituidas por afirmados (Hernández Sampieri, 2014).

1.3.3 Justificación social

El crecimiento poblacional de la ciudad de Abancay es considerado acelerado, lo cual nos indica que también incrementa la demanda del comercio, turismo, etc. Esto implica tener una buena calidad de infraestructura vial para el acceso y de esa manera satisfacer la demanda, es por ello la presente investigación tendrá un aporte importante para futuros proyectos viales en el distrito de Abancay y en



la región de Apurímac, así mismo es el inicio de investigaciones para el desarrollo de nuevos estudios y trabajos de investigación que garanticen vías afirmadas con mejores características de transitabilidad (Hernández Sampieri, 2014).

1.3.4 Justificación económica

Actualmente la superficie de la carretera AP-646 se encuentra deteriorada lo cual dificulta la transitabilidad e incrementa el costo de transporte, por el cual es muy importante el mantenimiento de la vía. Esta investigación ayuda a mejorar las propiedades del afirmado con construcciones económicas y sostenibles generando un mínimo deterioro al medio ambiente.

1.3.5 Justificación ambiental

Mediante la utilización de pavimento asfáltico reciclado como material granular para mejorar las propiedades del afirmado, solucionan problemas de eliminación de residuos de pavimento asfáltico en lugares no autorizados. A través de la ejecución de esta investigación se disminuirá la contaminación ambiental, generado por los desechos de pavimento asfáltico.

En la de región Apurímac, para el afirmado y/o mantenimiento de carreteras es común el uso de material granular de canteras, pero este recurso natural es no renovable, por ello la apertura una cantera para la extracción genera una destrucción del medio ambiente, al reutilizar el material granular del RAP disminuye la extracción de materiales, por tanto la investigación logra dos grandes beneficios en el aspecto ambiental, la reducción de la contaminación ambiental producido por el pavimento asfáltico reciclado mediante su reutilización como material granular y la disminución de la extracción de recursos no renovables (material de cantera).

CAPÍTULO II

OBJETIVOS E HIPÓTESIS

2.1 Objetivos de la investigación

2.1.1 Objetivo general

Mejorar las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646, mediante la reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico en el distrito de Abancay.

2.1.2 Objetivos específicos

- Determinar el incremento de CBR con adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.
- Determinar el incremento del óptimo contenido de humedad con adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.
- Determinar el incremento de la densidad seca con adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.
- Determinar la dosificación óptima con adición de material granular reciclado del pavimento asfáltico para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.

2.2 Hipótesis de la investigación

2.2.1 Hipótesis general

La reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.

2.2.2 Hipótesis específicas

- La adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento de CBR del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.
- La adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento del óptimo contenido de humedad del afirmado utilizado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.
- La adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento de la densidad seca del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.
- Con los ensayos de materiales en laboratorio se determina la dosificación óptima de adición de material reciclado del pavimento asfáltico reciclado para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.

2.3 Operacionalización de variables

Tabla 1 — Operacionalización de variables

VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	ÍNDICE
Independiente X: Material granular reciclado del pavimento asfáltico	% de reutilización	Aplicación en muestras	Porcentaje de aplicación
Dependiente Y: Propiedades físico mecánicas del afirmado.	Capacidad de soporte	CBR	%
		Densidad seca	gr/cm ³
	Proctor modificado	Contenido de humedad	%



CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

3.1 Antecedentes

3.1.1 Internacional

- a) López Mancheno y Paredes Montero (2020) en su trabajo de investigación “Reutilización de hormigón asfáltico procedente de proyectos de recapeo para su uso como base y subbase en pavimentos flexibles”, plantea el análisis del hormigón asfáltico reciclado proveniente de los proyectos de mantenimiento vial en el cantón Cuenca, para determinar si este puede ser reutilizado como capa de base o subbase en la estructura de un pavimento flexible, con el propósito de reducir el consumo de los recursos naturales no renovables e impulsar la aplicación de métodos amigables con el medio ambiente en la construcción. Para el análisis del material reciclado, se realizó un muestreo probabilístico para la toma de 8 muestras entre material fresado con minicargadora y fresadora, las cuales luego de ser ensayadas en el laboratorio cumplieron como una base clase 3 en cuanto a la granulometría, sin embargo, sus condiciones mecánicas de CBR fueron muy inferiores al valor que establece la NEVI para una base granular. Ante esta situación, se realizaron estudios adicionales a fin de mejorar el CBR de este material, mediante la mezcla de hormigón asfáltico con base granular y, posteriormente, se analizó la alternativa de una mezcla de hormigón asfáltico con base granular y cemento Portland en diferentes porcentajes, llegando a la conclusión de que la primera puede ser reutilizada como una subbase y la segunda posiblemente como una base granular. Así mismo se dio como resultado que el hormigón asfáltico reciclado procedente del mantenimiento de pavimentos flexibles, realizados con minicargadora o fresadora, dan como resultado un material con las mismas propiedades físico-mecánicas, aunque estos dos utilicen procedimientos diferentes en la ruptura de la carpeta asfáltica. Sin embargo, debe tener en consideración



que, por la jerarquía y tipo de vías existentes, no todas tienen el mismo desgaste, estado físico o estructural al momento de su rehabilitación, por lo que los resultados en cuanto a sus características mecánicas (principalmente CBR) pueden variar.

- b) Según Miranda y Aguilar (2019) en su trabajo de investigación “Evaluación del reciclado de pavimentos asfálticos (RAP) para uso en pavimentos expuestos”, tiene como objetivo evaluar el uso del pavimento asfáltico reciclado en el reforzamiento de bases granulares. Posteriormente se presenta un marco conceptual el cual contiene los fundamentos en los que se basará la propuesta del proyecto, fundada en literatura de proyectos de otros países donde se utiliza el RAP en diferentes proporciones en las bases y subbases de proyectos de carreteras, así como la ejecución de ensayos de laboratorio para establecer las características físico-mecánicas del RAP solo y combinado con material granular virgen. Así mismo se analiza los resultados de RAP versus el cumplimiento de especificaciones, a fin de determinar su factibilidad como material sustituto del material granular virgen para caminos de lastre, además se procedió elaborar mezclas de MGv y RAP en dosificaciones de 25 %, 50 % y 75 % de contenido de RAP a fin de visualizar el comportamiento de las características de las mezclas frente a los requerimientos técnicos, conforme se aumenta o disminuye el contenido de RAP en una mezcla.

3.1.2 Nacional

- a) Paccori mori (2018) en su trabajo de investigación “Propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial – Pachacamac”, plantea que una alternativa de solución no convencional para el mantenimiento de carreteras mediante la aplicación de pavimentos reciclados a nivel de rehabilitación superficial de vías para la localidad de Manchay – Pachacamac. Así mismo el autor menciona que la información recopilada y procesada refuerza el marco teórico de conocimientos sobre el uso del pavimento flexible reciclado enfocado al mantenimiento o rehabilitación de vías. Finalmente concluye recomendando la importancia de seguir con la investigación para este tipo de sistema de rehabilitación, la intención busca ganar la experiencia sobre el uso de pavimentos flexibles reciclado en rehabilitaciones viales, y una idea más centrada es poder



brindar información de los diferentes usos que se le puede dar el material reciclado del pavimento en rehabilitaciones o reconstrucciones.

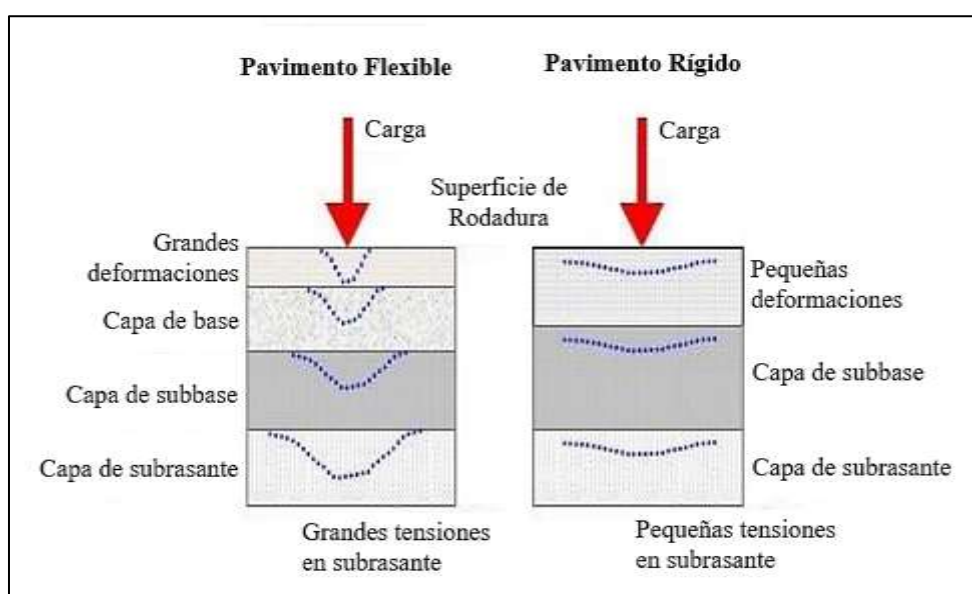
- b) Berjarano Benites (2020) en su trabajo de investigación “Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú – 2020”. Plantea como objetivo determinar la factibilidad de la aplicación de reciclaje de pavimentos flexibles para la construcción de nuevos pavimentos en el Perú, así mismo menciona que los pavimentos reciclados se pueden encontrar diversas técnicas de construcción como los pavimentos en frío o caliente, que se pueden realizar in situ o en planta, los cuales representan soluciones útiles para la construcción de pavimentos nuevos o la rehabilitación de los mismos. En general, la aplicación de pavimentos reciclados resulta sostenible, pues en todos los casos investigados, ha cumplido con buen desempeño estructural, además de reducir el impacto ambiental (al consumir poco material granular virgen y reducir emisiones de CO) y resultan bastan económicas, con ello poder fomentar las técnicas de reciclaje en el Perú, pues su utilidad y aplicación nos permitirá reducir la brecha de infraestructura vial. Finalmente menciona que las investigaciones estudiadas nos han brindado información muy valiosa, indicando que el reciclaje de pavimento es una opción útil en todas sus técnicas de reciclaje, pues en la experimentación a igualado y en la mayoría de casos superado la resistencia de las mezclas asfálticas, mediante la metodología de Marshall.



3.2 Marco Teórico

3.2.1 Pavimentos

Es una estructura formada por capas horizontalmente una sobre otra, construidas con materiales granulares apropiados y adecuadamente compactados (Montejo Fonseca, 2002). Esta composición de capas de subbase, base y superficie de rodadura (carpeta asfáltica o concreto hidráulico) se coloca sobre la sub rasante previamente preparada, para disipar los esfuerzos repetitivos del tránsito y distribuir uniformemente en la estructura durante el periodo de diseño del pavimento (Fonseca, 1998).



FUENTE: Vergara, Vicuña. 2010, pág. 10 — Modificado por el autor

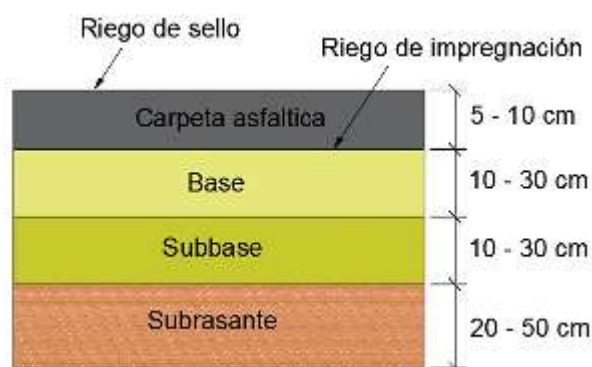
Figura 1 — Pavimento rígido y flexible

Como resultado de la consistencia de la superficie de rodadura, las cargas causan una buena repartición en un pavimento rígido, por lo cual resulta tensiones muy bajas en la subrasante. Sin embargo, en un pavimento flexible tiene una superficie de rodadura menos rígida, lo que hace que se deforman más y se provoque mayores tensiones en la subrasante como se puede apreciar en la figura 1 (Vergara Vicuña, 2010, pág. 10).

3.2.2 Pavimento flexible

La superficie de rodamiento está hecha de una mezcla asfáltica y soporta directamente las solicitudes de tránsito y ofrece las características funcionales. Estructuralmente, esta capa absorbe fuerzas horizontales y parcialmente

verticales, en vista de que la carga del vehículo se distribuye a la capa inferior a través de las propiedades de fricción y cohesión de las partículas de material, y la capa de asfalto se pliega hacia la capa inferior sin causar pequeñas deformaciones sin que su estructura sea destruida. Un pavimento flexible se compone de tres capas: carpeta asfáltica, base y subbase, que se construyen sobre la capa subrasante como se detalla en la figura 2 (Vergara Vicuña, 2010).



FUENTE: Vergara, Vicuña. 2010 — Modificado por el autor

Figura 2 — Partes que conforman la estructura del pavimento flexible

Asfalto

Es un material oscuro y pegajoso formado por una mezcla de hidrocarburos no volátiles de alto peso molecular, que se extraen del petróleo crudo y se disuelven en él, pueden adquirirse por evaporación natural de depósitos en la superficie de la tierra (llamados asfalto natural) o por procesos de destilación industrial donde el bitumen es el componente principal (Vergara Vicuña, 2010).

Asfalto para pavimentos

a) Cementos asfálticos

Al ser un material aglomerante, muy adhesivo, impermeable, duradero, consistente, termoplástico y resistente a los ácidos, sales y álcalis el cemento asfáltico es ideal para la construcción de pavimentos. Teniendo en cuenta que su aplicación no se debe realizar bajo la amenaza de lluvia, temperatura ambiente no debe superar los 10°C y en superficies húmedas, tampoco deben calentarse más de 170°C (Vergara Vicuña, 2010).

b) Asfaltos cortados

Son asfaltos líquidos que se producen diluyendo cemento asfáltico con destilados de petróleo y aparecen como un líquido negro de viscosidad

variable. El disolvente utilizado actúa como vehículo y proporciona un producto de baja viscosidad que se puede aplicar a bajas temperaturas (Vergara Vicuña, 2010).

c) Emulsiones Asfálticas

Están fabricados a partir de cemento asfáltico en fase acuosa y tienen estabilidad variable. El tiempo de desemulsificación y la viscosidad de la emulsión dependen, entre otras cosas, de la calidad y cantidad del emulsionante. La dosis de emulsionantes y aditivos químicos suele estar entre el 0,2% y el 5%, mientras que la dosis de asfalto es aproximadamente del 60% al 70%. Antes del quiebre, las emulsiones asfálticas son de color marrón y después del quiebre son negras, lo que las hace útiles para la inspección visual (Vergara Vicuña, 2010).

3.2.3 Ventajas y desventajas del uso del pavimento flexible

a) Ventajas

- **Seguridad**

Porque es más seguro para los usuarios, a causa de que hace más visibles las marcas horizontales pintadas, permitiendo distinguir las líneas (amarillas o blancas) de los carriles negros que delimitan vías y pasos de peatones, etc. Otro elemento de seguridad es que dependiendo de las carpetas especiales que se colocan sobre el asfalto, se puede evitar el hidroplaneo, donde el neumático y la superficie de rodadura pierden fricción debido a la lluvia, para que el vehículo patine (Perú Construye, 2018).

- **Medioambiental**

Esto se refiere a reciclar pavimento flexible y reutilizarlo, en cuyo caso existen varias tecnologías que pueden reciclar el asfalto, un material que pronto desaparecerá del mundo por ser un derivado del petróleo (Perú Construye, 2018).

- **Económico**

En Perú es más recomendable el uso de asfalto, ya que la mayoría de sus suelos son de calidad media a buena. No obstante, en situaciones en las que el suelo es muy pobre y de baja calidad, es aconsejable utilizar un

pavimento rígido, ya que será más económico dentro del periodo de vida útil (Perú Construye, 2018).

- **Versatilidad**

Los pavimentos económicos se pueden utilizar para vías que no reciben mucho tráfico o para pueblos muy alejados. Cuando tenemos muchos kilómetros de carreteras asfaltadas y los presupuestos estatales son bastante limitados. Es allí donde los productos asfálticos nos ofrecen reparaciones técnicas y económicas, como el sellado con arena o tratamiento superficial de una o dos capas, y los morteros bituminosos denominados slurry seals o microrevestimiento, que nos permiten obtener asfaltos más económicos (Perú Construye, 2018).

- **Drenabilidad**

Una mezcla asfáltica de granulometría abierto permite que el agua drene lateralmente a través de la macro textura de la superficie, proporcionando un mayor drenaje y reduciendo así el hidroplaneo y el influjo del agua (VICE, 2019).

b) Desventajas

- **Mantenimiento constante**

Las roderas, dislocamientos, agrietamientos por la variación de la temperatura, agrietamientos tipo piel de cocodrilo (fatiga) y el intemperismo, conllevan a tratamientos frecuentes con selladores de grietas y revestimientos de superficies. La experiencia ha demostrado que después de que se forman huellas sobre una superficie de asfalto, la aplicación de una capa de asfalto al pavimento no evita que las huellas vuelvan a aparecer. Los neumáticos reaparecen cuando las roderas dejadas por las ruedas no se comprimen lo suficiente y/o el asfalto no puede soportar la presión actual de los neumáticos y el volumen de tráfico actual (Vergara Vicuña, 2010).

- **Económico**

Para un mismo periodo de diseño a comparación, el pavimento asfáltico con un pavimento rígido es mucho más costosa esto debido al mantenimiento constante que requieren (Vergara Vicuña, 2010).



- **Resistencia**

Al transcurrir el tiempo el pavimento asfáltico pierde resistencia al perder algunas emulsiones del petróleo, se puede visualizar con el cambio de color de negro a gris de esa manera volviéndose frágil (Vergara Vicuña, 2010).

- **Durabilidad**

El tiempo de vida útil promedio de un pavimento asfáltico es mucho menor a comparación con el pavimento rígido (Vergara Vicuña, 2010).

- **Medioambiental**

Al construir un pavimento asfáltico se utiliza sustancias químicas, por el cual se contamina al suelo y al medio ambiente durante el proceso de construcción y mantenimiento (Vergara Vicuña, 2010).

3.2.4 Elementos estructurales que integran un pavimento flexible

1. Carpeta asfáltica

Es la capa superior de un pavimento flexible que proporciona una superficie de rodamiento para los vehículos, asegurando una transitabilidad cómoda y segura teniendo la menor permeabilidad posible, la función que cumple la carpeta asfáltica es de soportar y distribuir las cargas aplicadas, son elaborados con materiales pétreos y productos asfálticos considerando las circunstancias del suelo donde se llevará a cabo la intervención, el espesor promedio que pueden ser es de 5 a 10 centímetros aproximadamente (Vergara Vicuña, 2010).

2. Base

Es la capa que se localiza abajo de la cobertura asfáltica del pavimento flexible. Su atribución es especialmente resistir, absorber la mayoría de las fuerzas verticales, y su rigidez o resistencia a la deformación bajo cargas de tráfico repetidas es generalmente consistente con la intensidad del tráfico pesado. Por tanto, se utiliza una base granular normal para tráfico medio y ligero, y materiales granulares tratados con agentes gelificantes para tráfico pesado (Vergara Vicuña, 2010). El procedimiento se muestra en la figura 3.



FUENTE: Vergara, Vicuña. 2010, pág. 10

Figura 3 — Etapas para la preparación de la base

3. Sub-Base

En los pavimentos flexibles, la sub-base es la capa situada debajo de la base y sobre la capa subrasante, debe ser un elemento que proporcione soporte uniforme y permanente al pavimento. Cuando se trate de un pavimento rígido, esta capa se coloca directamente debajo de la losa de hormigón si se trata de un pavimento rígido, pero puede no ser necesaria si la base tiene una gran capacidad portante. Su función es crear una base de cimentación uniforme y crear una plataforma de trabajo adecuada para colocar y compactar la base. Debe ser un elemento permeable para que también tenga efecto drenante, por lo que el material utilizado debe estar libre de partículas finas y muchas veces se requiere una capa de transición. Esta capa no debe verse afectada por fenómenos de bombeo y debe servir como plataforma de trabajo y superficie de rodadura de la extendedora. En los casos en los que haya menos tránsito (principalmente vehículos pesados) se puede omitir esta capa y colocar las losas directamente sobre la capa base. Generalmente se utiliza un sustrato granular compuesto por material tamizado o semipulverizado, suelo estabilizado con cemento, etc. (Vergara Vicuña, 2010).

4. Sub-rasante

Esta capa debe poder resistir las fuerzas que le transmite la superficie del pavimento. Esto interferirá con el diseño del espesor de la capa de pavimento y afectará el rendimiento del mismo. Proporciona la nivelación necesaria de la base de la carretera y protege la superficie del pavimento, manteniendo siempre su integridad incluso en condiciones de muy alta humedad, asegurando condiciones de soporte uniformes y constantes. Para los materiales que componen la capa de suelo se debe utilizar suelo compactado y el grado de compactación debe ser al menos del 95% (Vergara Vicuña, 2010).

3.2.5 Estabilización de suelos.

En proyectos de infraestructura de transporte (carreteras, ferrocarriles, puertos, aeropuertos) se recomienda utilizar en la medida de lo posible el suelo existente en el propio proyecto, ya sea para terraplén o encima del mismo, y limpiar el fondo donde se relaciona la masa requerida. a la proximidad más cercana de la carga de tráfico. Esto se debe a consideraciones medioambientales y económicas. Para estos casos, actualmente se encuentran disponibles diversos productos para el tratamiento del suelo que facilitan o incluso permiten su instalación, reducen su sensibilidad al agua y aumentan más o menos su resistencia a la deformación bajo carga. Los aglutinantes más utilizados son: cemento (normalmente con aditivos) y cal aérea. Ambos están disponibles en forma de polvo y suspensión. Suelen mezclarse con el suelo in situ, fuertemente compactados y curados. También se encuentran disponibles algunos aglomerantes asfálticos y algunos productos químicos, pero actualmente se utilizan en cantidades mucho menores por razones de costo y otras razones (IECA, 2008).

Muchos ingenieros geotécnicos utilizan el término "estabilización del suelo" para describir la mejora del suelo. Es un mecanismo que cambia las propiedades técnicas del suelo in situ o a menores costos y con mejor control de calidad. Las tecnologías de mejora del suelo se dividen principalmente en dos categorías: (1) estabilización química y (2) estabilización mecánica (Braja M., 2013)

a) La estabilización mecánica

La estabilización mecánica implica metodologías que mejoran las características de ingeniería de los suelos seleccionados sin la adición de



agentes u otras energías de unión de partículas (Braja M., 2013) en otras palabras, no hay efectos químicos o de unión incluidos en esta metodología. Comprende, entre otros, los siguientes:

- Compactación
- Vibroflotación
- Voladura o blasting
- Compactación dinámica
- Precarga
- Drenes de arena

Según MTC (2013c) el objetivo es mejorar el material del suelo existente sin cambiar su estructura básica y composición. La compactación se utiliza como medio para lograr este tipo de estabilización y así reducir los huecos en el suelo.

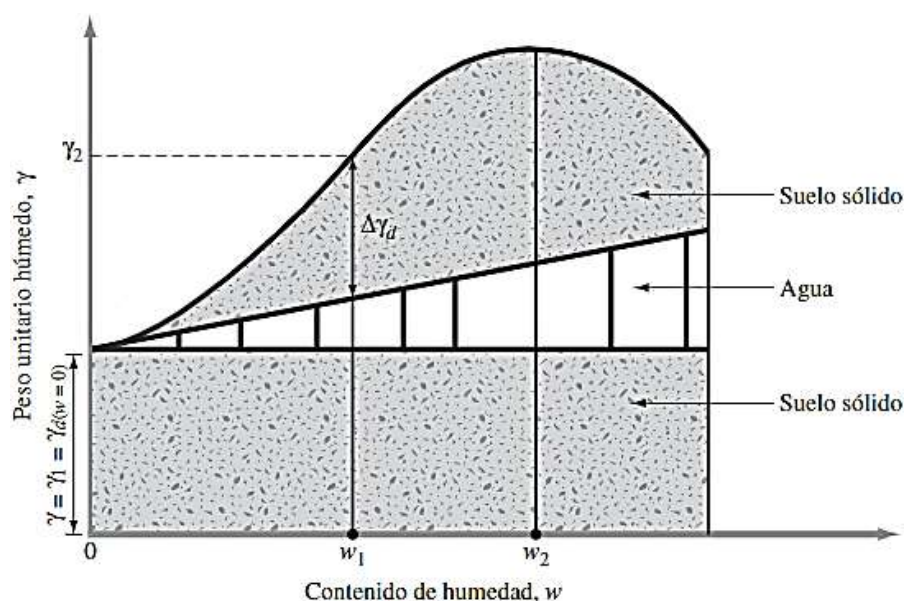
b) La estabilización química

Esto incluye el uso de aditivos químicos para optimizar el comportamiento del suelo. Se emplea para restablecer la trabajabilidad del suelo, facilitando su uso como material de construcción. Asimismo, ayuda a disminuir la plasticidad y el potencial de expansión-contracción. Si la arcilla es dispersiva, se usa para flocular las partículas. Si la arcilla es difícil de comprimir, se pueden agregar productos químicos para dispersar fácilmente las partículas de arcilla y ayudar en el proceso (Braja M., 2013)

3.2.6 Compactación de suelos.

En la construcción de terraplenes de carreteras, presas de tierra y muchas otras estructuras de ingeniería, los suelos sueltos deben ser compactados para aumentar sus pesos unitarios. La compactación hace que el suelo sea más resistente, aumentando así la capacidad portante de los cimientos construidos sobre él, del mismo modo reduce la disolución no deseada en la estructura y mejora la estabilidad de los taludes de los terraplenes. En el desarrollo de compactación del suelo se utilizan comúnmente rodillos de ruedas lisas, rodillos compactadores de suelo, rodillos neumáticos de goma y rodillos vibratorios. Los rodillos vibratorios se emplean principalmente para compactar suelos granulares (Braja M., 2013)





FUENTE: Braja M. 2013

Figura 4 — Principios de compactación

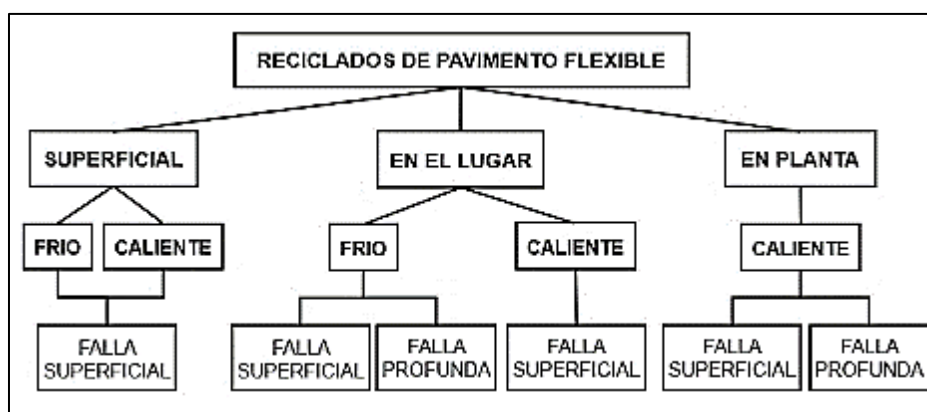
En la figura 4 se puede apreciar que, el peso de los sólidos del suelo por unidad de volumen aumenta gradualmente a medida que aumenta el contenido de humedad y se aplica el mismo esfuerzo compactador. Más allá de cierto contenido de humedad $w = w_2$ cualquier aumento en éste tiende a reducir el peso unitario seco. Esto es porque el agua llena el espacio ocupado por las partículas sólidas. El contenido de humedad al que se alcanza el peso seco máximo a menudo se denomina contenido de humedad óptimo. Una prueba de laboratorio comúnmente utilizada para obtener el peso unitario seco compactado máximo y el contenido de humedad óptimo se denomina prueba de compactación Proctor (Braja M., 2013)

3.2.7 Material granular reciclado de pavimentos flexibles

Se denomina reciclaje de pavimentos flexibles a la reutilización, después de cierto tratamiento, de un material que ha concluido con su finalidad, y este material reciclado puede emplearse para construcción en refuerzos de la misma carretera o alguna capa de una calzada nueva (Guio Vargas y Sánchez Abril, 2018).

3.2.8 Tipos de reciclajes de pavimento flexible

Castillo (2016) indica que, el reciclaje del pavimento asfáltico se divide en tres tipos y se subdividen de acuerdo a como se deba aplicarse, como se visualiza en la figura 5



FUENTE: Castillo. 2016

Figura 5 — Tipos de reciclajes de pavimento flexible

Reciclaje Superficial

Se trata de reutilizar la superficie del pavimento en bajos espesores, normalmente 2.5 centímetros o menos, si es que los deterioros del pavimento no corresponden a defectos estructurales. Este procedimiento consiste en que la superficie es fresada, cepillada o escarificada y triturada con o sin la adición de un agente de reciclaje y con o sin la adición de pequeñas cantidades de materiales vírgenes. Este proceso se puede llevar a cabo en caliente o en frío. Si fuese necesario, el agente de reciclaje se aplica en forma de emulsión, en el último caso (Castillo Martínez, 2016).

Reciclaje en el lugar (in-situ)

Es denominado también reciclaje en frío, se refiere a la restauración del pavimento asfáltico hasta una profundidad superior a 2,5 cm, incluyendo o no el material de la capa de base. Para lograrlo, el espesor se rasga y el material trozado se tritura hasta un tamaño adecuado. Luego, se mezcla con un agente de reciclaje y finalmente se agrega un porcentaje de agregado nuevo para satisfacer los requisitos de la nueva mezcla. Como su nombre indica, este proceso suele realizarse en frío, y los aditivos más comunes son emulsiones asfálticas, cementos Portland, cal y mezclas de cal y cenizas volantes. Aunque con cementos asfálticos de alto grado de penetración, el reciclaje in-situ también es posible (Castillo Martínez, 2016).

Reciclaje en planta

También conocido como reciclaje en caliente, este método implica triturar el pavimento existente hasta obtener el espesor deseado y transportar el material

trozado a una planta donde se tritura y se clasifica según el tamaño de sus partículas. El fresado en frío también puede usarse para extraer el material del pavimento. Luego se reconstruye en caliente la nueva mezcla a reciclar basándose en el análisis de composición del material antiguo. Este debe corresponder al diseño seleccionado. Por lo general, esto implica agregar nuevos materiales, como agentes de reciclaje y agregado pétreo como el asfalto nuevo. La nueva mezcla en caliente es transportada al sitio de origen o al que se haya elegido para su colocación donde es distribuida y compactada utilizando métodos y equipos convencionales (Castillo Martínez, 2016).

3.2.9 Ventajas del reciclado como técnica de conservación

El método clásico tiene un gran inconveniente. Los pavimentos envejecidos sin problemas estructurales graves se componen de una capa base más o menos sana y una capa superficial dañada. La aplicación de una nueva capa sin ningún tratamiento sobre una superficie envejecida (refuerzo o recrecido) crea una capa intermedia desgastada que ha perdido sus propiedades mecánicas y, por tanto, constituye un obstáculo para su funcionamiento normal. Hoy en día, las extensas capas de desgaste colocadas en las operaciones tradicionales de aumento de clones toleran perjuicios graves y prematuros a causa de una mala configuración. La reutilización de esta capa degradada antes de la ampliación de la nueva capa superficial proporciona un buen funcionamiento estructural de todo el pavimento, una mayor durabilidad y un excelente servicio al usuario. Por lo tanto, utilizar pavimento asfáltico reciclado se trata principalmente de utilizar los recursos disponibles para el trabajo. Utilizando técnicas adecuadas, los materiales obsoletos pueden reciclarse para su uso eficiente nuevamente en la construcción de pavimentos. Con esta tecnología se puede reducir significativamente la necesidad de materiales (áridos, asfalto, etc.) durante los trabajos de conservación, eliminando la necesidad de localizar canteras y vertederos cerca del lugar de trabajo, mejorando el rendimiento productivo, etc. Al mismo tiempo, las técnicas de reciclaje in situ pueden eliminar el traslado de materiales, incluido el transporte de materiales viejos a los vertederos y el transporte de materiales nuevos desde los sitios de entrega a los sitios de construcción. Todas estas mejoras suponen un importante ahorro de costes y un mayor respeto por el medio ambiente (Castillo Martínez, 2016).



3.2.10 Afirmado

El afirmado es en una capa compactada de material granular natural o tratado especialmente clasificado para soportar directamente el tráfico y las cargas de tránsito. Debe contener la cantidad justa de material fino y cohesivo para mantener las partículas aglutinadas (MTC, 2013c).

El afirmado viene a ser una combinación de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y polvo fino o arcilla. Si estas tres dimensiones no se combinan bien, el afirmado será pobre. Asimismo, se necesita una determinada proporción de piedra para soportar la carga. Nuevamente, dependiendo del tamaño, se requiere una cierta proporción de arena clasificada para llenar los espacios entre las piedras y dar estabilidad a la capa, y necesariamente una cierta proporción de finos plásticos para cohesionar el material de la capa del afirmado (MTC, 2013c).

Según el MTC (2013c), las vías sin pavimentar con material granular en sus capas superiores y superficies de rodadura generalmente tienen un menor volumen de tránsito y las correspondientes repeticiones de ejes equivalentes de hasta 300.000 EE en el lapso de una década. Estas vías sin pavimentar se pueden clasificar como continúa:

- a) Carreteras de tierra compuestas por suelo natural y optimizado con grava elegida por zarandeo y finos ligantes.
- b) Carreteras gravosas formadas por una capa de revestimiento con material natural pétreo sin procesar, escogido manualmente o por zarandeo, de dimensión máximo de 75 mm.
- c) Carreteras afirmadas son constituidas por una capa de revestimiento con materiales de cantera, dosificadas naturalmente o por medios mecánicos, con una dosificación especificada, compuesta por una combinación apropiada de tres tamaños o tipos de material: piedra, arena y finos o arcilla, siendo el tamaño máximo 25 mm.
- d) Carreteras con superficie de rodadura tratada con materiales industriales:
 - Afirmados con superficies tratadas que puedan controlar el polvo utilizando los siguientes materiales: cloruros, aditivos y productos asfálticos (imprimadores avanzados o varios tipos de selladores de asfalto), cemento, cal u otros estabilizadores químicos.



- Suelos naturales estabilizados con: emulsión asfáltica, cemento, cal, cloruros, geo sintética y demás aditivos que optimicen las características del suelo.

3.2.11 Requisitos para un afirmado

Para la construcción de afirmados se manipularán materiales granulares originarios de excavaciones, canteras o escorias metálicas, también se pueden obtener a partir de piedra triturada, grava o se pueden elaborar a partir de una mezcla de productos de diferentes procedencias (MTC, 2013a).

El MTC (2013a) determina, que las partículas del agregado deben ser fuertes y duraderas, sin partículas planas, blandas o degradables innecesarias y sin sustancias orgánicas, grumos de arcilla u otras sustancias dañinas. Sus condiciones de limpieza dependen del uso que se le vaya a dar al material de los cuales deben cumplir los siguientes requisitos indicados en la tabla 2 y tabla 3.

Tabla 2 — Exigencias de calidad para un afirmado

REQUISITOS DE CALIDAD	
Desgaste de los Ángeles	Máximo 50 %
Límite líquido	Máximo 35 %
Índice de plasticidad	Entre 4 % – 9 %
CBR	Mínimo 40 %
FUENTE: MTC. 2013a — Modificado por el autor	

Los requisitos mencionados en la tabla 2, esta referido con el 100 % de su máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1” (2.5 mm).

Para los requisitos granulométricos el material debe estar acorde a una de las franjas granulométricas de la tabla 3.

Tabla 3 — Requisitos granulométricos para un afirmado

TAMIZ	PORCENTAJE QUE PASA					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100					
37.5 mm (1 ½")	100					
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9.5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4.75 mm (Nº4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0 mm (Nº10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (Nº40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (Nº200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25
FUENTE: MTC. 2013a — Modificado por el autor						

3.2.12 Ensayos de laboratorio

El MTC (2013c) establece los ensayos de laboratorio que nos ayudan a establecer las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales de cantera; para lo cual se considera los ensayos mencionados en la tabla 4 y con frecuencias según la tabla 5.

Tabla 4 — Ensayos de laboratorio

Nº	ENSAYO	USO	AASHTO	ASTM	MTC
01	Análisis granulométrico	Clasificación	T88	D422	E107
02	Límite líquido		T89	D4318	E110
03	Límite plástico		T90	D4318	E111
04	Índice plasticidad		T90	D4318	E111
05	Equivalente de arena	Calidad de agregado	T176	D2419	E114
06	Abrasión los Ángeles		T96	C131 C535	E207
07	Densidad, gravedad específica y absorción		T85	C127	E207
08	Contenido sales solubles totales				E219
09	Partículas chatas y alargadas			D4791	E223
10	Porcentaje de caras de fractura			D5821	E210
11	Proctor modificado	Diseño de espesores	T180	D1557	E115
12	CBR		T193	D1883	E132
FUENTE: MTC. 2013c — Modificado por el autor					

Tabla 5 — Ensayos y frecuencias para un afirmado

Propiedades y características	Método de ensayo	ASTM	AASHTO	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
Análisis Granulometría	MTC E 204	C 136	T 27	1 cada 750 m ³	Cantera (2)
Límites de consistencia	MTC E 111	D 4318	T 89	1 cada 750 m ³	Cantera (2)
Abrasión de los Ángeles	MTC E 207	C 131	T 96	1 cada 2,000 m ³	Cantera (2)
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	1 cada 2,000 m ³	Cantera (2)
Densidad – Humedad	MTC E 115	D 1557	T 180	1 cada 750 m ³	Pista
Compactación	MTC E 117 MTC E 124	D 1556 D 2922	T 191 T 238	1 cada 250 m ³	Pista
NOTA (1) Si los metrados del proyecto son inferiores a las frecuencias mínimas especificadas se requerirá al menos un ensayo de cada propiedad o característica. (2) Material preparado previo a su uso. FUENTE: MTC. 2013a — Modificado por el autor					

3.2.12.1 Cuarteo de muestras

El cuarteo de muestras según la MTC E 105 tiene el objetivo de constituir los procedimientos para lograr en laboratorio la muestra requerida para ejecutar los ensayos, de forma que sea representativa de la muestra total recibida, para la investigación se optó por el método B cuarteo manual (MTC, 2016).

Procedimiento:

- Se ubica la muestra encima de una superficie dura, limpia y horizontal.
- Se combina bien hasta que se forme un montículo en forma de cono, este proceso se repite cuatro veces. Cada palada que se obtiene de la base se coloca sobre el cono para que el material caiga uniformemente a lo largo de los bordes del cono.
- Aplanar con cuidado el montón en forma de cono hasta tener una base redondeada, espesor y diámetro uniforme, y presionar con una pala para que cada cuarto del sector contenga el material original.

- Luego se divide diametralmente el material, en cuatro partes iguales de donde se separan dos cuartos diagonalmente opuestos, incluyendo todo el material fino, y se limpia el espacio libre con un cepillo o escoba (MTC, 2016).



FUENTE: MTC. 2016

Figura 6 — Cuarteo de muestras sobre una lona

3.2.12.2 Análisis granulométrico por tamizado

El análisis granulométrico según la normativa MTC E 107, tiene el objetivo de determinar la distribución de las partículas del suelo mediante tamices (MTC, 2016).

Equipos:

- 02 balanzas. Una con aproximación de 0.01 gr para pesar la fracción fina y otra con 0.1 % del peso de la muestra, para la fracción gruesa.
- Estufa con la capacidad de conservar temperaturas uniformes e invariables hasta $110 \pm 5^\circ \text{C}$.

Materiales:

- Envases para el secado de muestras
- Cepillo y brocha
- Juego de tamices de malla cuadrada como se visualiza en la tabla 6

Tabla 6 — Tamices para el análisis granulométrico

FRACCIÓN GRUESA		FRACCIÓN FINA	
Tamices	Abertura (mm)	Tamices	Abertura (mm)
3"	75.000	Nº 10	2.000
2"	50.800	Nº 20	0.840
1 ½"	38.100	Nº 30	0.590
1"	25.400	Nº 40	0.420
¾"	19.000	Nº 60	0.250
3/8"	9.500	Nº 100	0.149
Nº4	4.760	Nº 200	0.074
FUENTE: MTC. 2016 — Modificado por el autor			

Procedimiento de la fracción retenida en el tamiz Nº4:

- Teniendo la muestra retenida en el tamiz Nº 4 y los tamices en el orden indicado en la fracción grueso de la tabla 6.
- Con una tamizadora mecánica, se puso a trabajar por un periodo de tiempo cerca de diez minutos.
- Finalmente se define el peso de cada fracción en una balanza. Teniendo en cuenta que la suma de los pesos de todas las fracciones y el peso inicial de la muestra no debe diferir en más del 1 % (MTC, 2016).

Procedimiento de la fracción fina:

- El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de Nº 4, se realiza por tamizado según las características de la muestra y la información requerida.
- Se toma la muestra representativa del suelo obtenida mediante el cuarteo, se coloca en un recipiente apropiado cubriéndola de agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.
- A continuación, se procede a lavar la muestra sobre el tamiz Nº 200 teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Seguidamente sobre una plancha de secado, ubicada sobre una estufa, se realiza el secado la muestra, después de tener la muestra totalmente seca se deja enfriar por unos minutos y se pesa.

- Se ordena los tamices y se coloca una vasija en la base para evitar que se pueda perder material, depositamos la muestra seca por los tamices y dejamos en la tamizadora mecánica por 10 minutos aproximadamente (MTC, 2016).

3.2.12.3 Límite líquido

El límite líquido según la normativa MTC E 110, tiene el objetivo de calcular el contenido de agua con respecto al peso seco de la muestra, entre los estados líquido y plástico (MTC, 2016).

Equipos:

- Vasija de porcelana de 115 mm de diámetro aprox. y recipiente
- Aparato casagrande de operación mecánica
- Acanalador y calibrador
- 01 balanzas con sensibilidad de 0.01 gr
- Tamiz N° 40 (MTC, 2016)

Procedimiento:

- Se obtiene la muestra tamizando con la malla N° 40 y se toma todo lo que pasa el tamiz pesando 150 a 200 gr aproximadamente. Aunamos el agua destilada y la muestra en la vasija hasta obtener una mezcla homogénea, que el color sea uniforme y que la forma de la pasta sea viscosa.
- Ponemos cierta cantidad de la muestra homogénea en el centro de la copa de Casagrande presionándola y extendiéndola hasta una profundidad aproximada de 10 mm en su punto más profundo, constituyendo una superficie horizontal.
- Dividir la muestra contenida en la copa en dos partes iguales haciendo una ranura a través del suelo con el acanalador, se debe mostrar claramente el canal de separación.
- Se espera que la copa de casa grande dé el número de golpes, hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2"), continuando se registra el número de golpes N, necesario para cerrar la ranura y se toma una tajada

extendiéndola de extremo a extremo para luego ponerlo en una vasija de peso conocido y posteriormente secarlo en el horno

- Se repite el método para dos pruebas adicionales más mínimamente, produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura (MTC, 2016).

3.2.12.4 Límite plástico e índice de plasticidad

El límite plástico de acuerdo a la normativa MTC E 111, tiene el objetivo de calcular el contenido de agua entre los estados plástico y semisólido (MTC, 2016).

Equipos:

- Espátula de hoja flexible
- Recipiente para almacenaje, de 115 mm (4 ½”) de diámetro.
- 01 balanza con sensibilidad de 0.01 gr
- Horno con la capacidad de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta $110 \pm 5^\circ$
- Tamiz N° 40
- Vidrios de reloj o Recipientes.
- Superficie de rodadura (vidrio grueso) (MTC, 2016).

Procedimiento:

- Se toman aproximadamente 20 gr de la muestra que pase por el tamiz N° 40 y de a poco añadimos agua destilada, se amasa hasta obtener una mezcla homogénea y densa que pueda moldearse fácilmente con los dedos sin que se adhiera a ellos.
- Se moldea la mitad de la muestra homogénea en forma de elipsoide, y seguidamente utilizando la placa de vidrio moldeamos con los dedos la muestra hasta adquirir una forma de cilindros de unos 3.2 mm de diámetro hasta que se desmorone con dicho diámetro.
- Se coloca la porción de muestra obtenida en recipientes tarados hasta tener alrededor de 6 gr de suelo para después llevarlo al horno del laboratorio y así determinar el contenido de humedad.
- Se repite el mismo procedimiento con la otra mitad de la masa.

Cálculos para el índice de plasticidad:



$$I. P. = L. L. - L. P.$$

Donde:

L.L.: límite líquido

L.P.: límite plástico

3.2.12.5 Equivalente de arena

Según la MTC E 114, tiene el objetivo de determinar la cantidad de finos en los agregados se realizará de acuerdo a la normativa mencionada (MTC, 2016).

Equipos:

- 01 lata cilíndrica de aproximadamente 57 mm de diámetro que tenga una capacidad de 85 ± 5 mL
- Tamiz N° 4
- 02 botellas de 3,8 L
- Reloj que haga lecturas en minutos y segundos.
- Platillo para mezclar y papel filtro (MTC, 2016).

Procedimiento:

a) Preparación del ensayo, procedimiento B:

- Obtener mínimamente 1500 gr de material que pasa el tamiz N° 4 para obtener una muestra representativa se realiza el cuarteo de 1000 a 5000 gr del material, mezclar completamente con un cucharón y verificar que tenga la condición de humedad necesaria.
- Repetir el mismo proceso para obtener más especímenes de ensayo (MTC, 2016).

b) Procedimiento Operatorio

- Ajustar el dispositivo del sifón a una botella de 3,8 L de la solución de cloruro de calcio. Coloque la botella a 91 ± 3 cm sobre la superficie donde se realiza el trabajo y sifonear 102 ± 3 mm de la solución de cloruro cálcico en el cilindro de plástico.
- Verter uno de los especímenes con la ayuda de un embudo para evitar que se adhiera a las paredes del cilindro, el llenado del espécimen debe ser hasta unos centímetros debajo del líquido, Se

tendrá que golpear la base del cilindro con la palma de la mano para liberar las burbujas del aire atrapado.

- Mantener el material totalmente saturado (periodo de humedecimiento) por 10 minutos.
- Al final del periodo de humedecimiento se procede a tapar el cilindro con un tapón de jebe y se invierte parcialmente el recipiente para agitarlo simultáneamente, de esa manera se suelta el material de fondo.
- Agita el cilindro manualmente después de que el material de fondo esté suelto dentro de él, manteniendo el cilindro en una posición horizontal y moviéndolo de extremo a extremo, realizando 90 ciclos en aproximadamente 30 segundos.
- Siguiendo con la operación de agitación, colocar el cilindro sobre la parte superior de la mesa de trabajo y remover el tapón de jebe (MTC, 2016).

c) Procedimiento de irrigación

- Colocar el tubo de irrigación en la parte superior del cilindro, aflojar la pinza de la manguera y lavar el material adherido a las paredes del cilindro, a medida que baje el irrigador.
- Tal irrigador debe llegar hasta el fondo del cilindro, aplicando suavemente presión y giro mientras que la solución fluya por la salida del irrigador lo cual genera que el material fino entre en suspensión sobre las partículas de arena más gruesa.
- Continué aplicando la acción de punzonamiento y giro luego enjuague lentamente el tubo irrigador, sin derramar el líquido, de tal manera que el nivel de líquido sea mantenido a alrededor de la gradación de 38,0 cm mientras el tubo irrigador está siendo retirado.
- Posterior a ello es necesario dejar reposar el cilindro por unos 20 min
- Al final de los 20 minutos del periodo de sedimentación realizar la lectura y medición respectiva (MTC, 2016).

d) Determinación de la lectura de arcilla



Se podrá hacer la lectura de la arcilla que es muy simple pues es la que se encuentra en la parte superior de la suspensión de arcilla en el cilindro para esto se usa una regla y así se puede dar lectura (MTC, 2016).

e) Determinación de la lectura de arena

Después de realizar la lectura de la arcilla deberá introducirse dentro del cilindro el dispositivo de pesado de pie, bajar suavemente el conjunto hasta que llegue sobre la arena. Reste 25,4 cm (10 pulg) del nivel indicado por el borde superior extremo del indicador y registre este valor como la "lectura de arena" (MTC, 2016)

3.2.12.6 Proctor modificado

El proctor modificado según la normativa MTC E 115, tiene el objetivo de determinar la relación entre el contenido de agua y el peso unitario seco del suelo utilizando una energía modificada, teniendo en cuenta los siguientes métodos (MTC, 2016).

Método "C"

- Molde: 6" de diámetro
- Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 3/4"
- Número de Capas: 5
- Golpes por Capa: 56
- Uso: Cuando más del 20 % en peso del material se retiene en el tamiz 3/8" y menos de 30 % en peso es retenido en el tamiz 3/4" (MTC, 2016).

Para la investigación se optó por el método C

Equipos:

- Molde de 6" de diámetro con un plato base y un collar de extensión
- 01 balanzas con sensibilidad del 0.01 gr
- Pisón o martillo
- Horno con la capacidad de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta $110 \pm 5^\circ$ (MTC, 2016).

Materiales:



- Tamices de 3/4", 3/8" y N° 4
- Herramientas de mezcla (cucharas, morteros, paleta, espátula etc.)
- Regla metálica (MTC, 2016)

Procedimiento:

El procedimiento utilizado en la investigación fue el método C, método de preparación húmeda.

- Sin secado previo de la muestra, se tamizo con la malla 3/4". Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- La masa es aproximadamente 29 kg de suelo seco, separando después una porción representativa de la muestra total.
- Se prepara mínimo cuatro especímenes con contenidos de agua, de modo que estos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado lo cual deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla.
- Preparar cuatro especímenes de 5.9 kg
- Determinar y anotar la masa y volumen del molde
- Asegure y ensamble el molde y el collar al plato base el mismo que debe estar asegurado a un cimiento rígido
- Colocar la primera capa en el molde y aplicarle 56 golpes
- Compactar en cinco capas, cada una deberá tener aproximadamente el mismo espesor
- La última capa debe quedar en el collarín, de manera que luego pueda enrasarse el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde
- Determine y registre la masa del espécimen, luego remover el material del molde para extraer una porción de suelo para determinar el contenido de humedad
- Llevar las muestras al horno para obtener la humedad.
- Repetir el procedimiento para un mínimo de cuatro puntos compactados a diferentes contenidos de humedad, dos de los cuales quedan en el lado seco de la curva y los otros dos en el lado húmedo (MTC, 2016).

3.2.12.7 Relación de soporte de California (CBR)

La relación de soporte de California de suelos según en la normativa MTC E132, tiene la finalidad de determinar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías (MTC, 2016).

Equipos:

a) Para la compactación

- Molde de metal, cilíndrico, de 6" de diámetro interior, provisto de un collarín de metal 2".
- Disco espaciador
- Pisón de compactación
- Aparato medidor de expansión
- 02 pesas de plomo anular y ranurada (MTC, 2016).

b) Para la prueba de penetración

- Pistón de penetración de sección transversal circular de 2" de diámetro
- Prensa hidráulica
- Dos diales
- Tanque para la inmersión de los moldes en agua
- Estufa capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5^\circ \text{C}$.
- Balanzas de 20 kg de capacidad y otra de 1000 gr con sensibilidades de 1 gr y 0.1 gr respectivamente
- Tamices de 2", 3/4" y N° 4
- Misceláneos: cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, cronometro, extensómetro, etc. (MTC, 2016).

Procedimiento:

a) Preparación de la muestra

- Tamizar por la malla 3/4" y la N° 4. La fracción retenida en el tamiz 3/4" se descartarse y reemplazar en igual proporción por el material comprendido entre los tamices 3/4" y N° 4. Luego se mezcla bien.



- De la muestra preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR. Cada muestra se utiliza una sola vez.
- Se determina el contenido de humedad y la densidad máxima de la muestra por medio del ensayo de compactación elegido.
- La humedad natural del suelo se determina mediante secado en estufa, en caso de que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo se le añade la cantidad de agua necesaria (MTC, 2016).

b) Elaboración de especímenes

- Se pesa el molde cilíndrico con su base, se coloca el collar, disco espaciador y papel filtro grueso del mismo diámetro.
- La muestra se humedece, utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas se mezcla uniformemente. La humedad entre dos muestras debe variar en 2 %.
- Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima.
- Culminada la compactación se quita el collarín, se enrasa la parte superior del molde, se volteará el molde y se quitará la base del molde perforada y el disco espaciador.
- Se pesa el molde con la muestra, se determina la densidad y la humedad de la muestra (MTC, 2016).

c) Inmersión

- Determinada la densidad y humedad se coloca papel filtro sobre la superficie enrasada, una placa metálica perforada sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga y se volteará el molde. La sobrecarga total será menor de 4.54 kg.
- Se toma lectura inicial para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida, lo cual se realizará sucesivamente cada 24 horas, se anota su lectura, el día y la hora. En seguida, se sumerge el molde dentro de un tanque o depósito lleno con agua. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) con el nivel de agua constante.



- Al cabo de las 96 horas se anota la lectura final del deformímetro para calcular el hinchamiento.
- Se saca el molde del tanque y cuidadosamente se drena durante 15 minutos el agua libre que queda. Luego se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración (MTC, 2016).

d) Penetración

- Se coloca la pesa anular y encima de las pesas de plomo que tenía la muestra cuando estaba sumergida en agua; o sea que la sobrecarga para la prueba de penetración deberá ser prácticamente igual a la sobrecarga que tenía durante el ensayo de hinchamiento.
- El molde con la muestra y la sobrecarga, se monta sobre el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) sobre la muestra.
- Una vez asentado el pistón, se coloca en cero el extensómetro que mide la penetración y el dial del extensómetro también se coloca en cero.
- Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa.
- Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Tabla 7 — Penetraciones para las lecturas de carga

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500
FUENTE: MTC. 2016 — Modificado por el autor	

- Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad (MTC, 2016).

3.2.13 Número de ensayos de CBR para carreteras

El número de ensayos dependerá del tipo de carretera como se muestra en la tabla 8

Tabla 8 — Número de ensayos MR y CBR

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido • Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	• Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	• Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	• Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	• Cada 3 km se realizará un CBR

FUENTE: MTC. Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos. 2013c

3.2.14 Clasificación de suelos

La investigación y estudio del suelo es importante ya sea para determinar las propiedades del suelo como para el diseño adecuado del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son específicas, los resultados de las pruebas, incluso si afirman ser exactos, servirán de poco (MTC, 2013c).

Los suelos con propiedades parecidas se pueden clasificar en base a sus características mecánicas y su comportamiento en la ingeniería. Los sistemas de clasificación proporcionan un lenguaje común para expresar de manera sucinta las características generales de suelos que son tan diferentes que no es necesaria una descripción detallada. Actualmente se utilizan comúnmente en ingeniería

dos sistemas de clasificación de grano fino que utilizan la distribución del tamaño de las partículas del suelo y la plasticidad, a saber, la Asociación Estadounidense de funcionarios de Carreteras Estatales (AASHTO) y el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) (MTC, 2013c).

3.2.14.1 Sistema de clasificación AASHTO

En este procedimiento de clasificación de suelos es necesario tomar en cuenta las siguientes propiedades:

a. Granulometría

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la distribución de sus diferentes elementos constituyentes el cual se realiza de acuerdo a la normativa MTC E 107, a partir de las cuales se puede estimar, con mayor o menor aproximación para que puedan ser clasificados en función de su tamaño como se indica en la tabla 9 (MTC, 2013c).

Tabla 9 — Clasificación de suelos según tamaño de partículas

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm
FUENTE: MTC. 2013c — Modificado por el autor		

b. Plasticidad

Es la propiedad de estabilidad que refleja el comportamiento estable del suelo, que no se degrada por debajo de ciertos límites de humedad. Por tanto, la plasticidad del suelo no depende de los elementos gruesos presentes en él, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis del tamaño de partícula no permite comprender esta propiedad, por lo que es necesario determinar los límites de Atterberg (MTC, 2013c).

Tabla 10 — Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20$ $IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
$IP = 0$	No plástico	Suelos exentos de arcilla
FUENTE: MTC. 2013c — Modificado por el autor		

c. Equivalente de Arena

Es el ensayo que nos da resultados similares obtenidos mediante los límites de Atterberg con una menor precisión, pero con la ventaja de efectuarse muy rápido y fácil de efectuar (MTC, 2013c).

Tabla 11 — Clasificación de suelos según equivalente de arena

Equivalente de arena	Característica
sí $EA > 40$	El suelo no es plástico, es arena
Sí $40 > EA > 20$	El suelo es poco plástico y no heladizo
sí $EA < 20$	El suelo es plástico y arcilloso
FUENTE: MTC. 2013c — Modificado por el autor	

d. Índice de grupo

es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

$a = F - 35$ (número entero positivo que oscila entre uno y cuarenta)

$b = F - 15$ (oscila entre uno y cuarenta)

$c = LL - 40$ (oscila cero y veinte)

$d = IP - 10$ (oscila cero y veinte o más)

F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N°200 - 74 micras

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más, cuando es negativo, se asigna el valor de cero.

Tabla 12 — Clasificación de suelos según índice de grupo

Índice de grupo	Suelo de subrasante
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy bueno
FUENTE: MTC. 2013c — Modificado por el autor	

Tabla 13 — Clasificación de los suelos método AASHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
Grupo Símbolo	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50											
0.5 mm	máx. 30	máx. 50	mín. 50									
0.08 mm	máx. 15	máx. 25	máx.10	máx. 35	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
Límites Atterberg												
límite de líquido				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10 IP<LL-30	mín. 10 IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					
FUENTE: MTC. 2013c — Modificado por el autor												

Tabla 14 — Clasificación de los suelos método SUCS

DIVISIONES PRINCIPALES			SÍMBOLO	NOMBRE	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN		
SUELOS DE GRANO GRUESO (más del 50 % es retenido en el tamiz N° 200)	GRAVAS (más del 50 % de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas limpias (menos de 5 % de finos)	GW	Grava bien graduada	Determinar el porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (fracción inferior al tamiz N° 200). 4 al 12% son casos limite que requieren usar doble símbolo	$Cu = D_{60}/D_{10} > 4 \wedge Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \wedge 1 < Cc < 3$	
			GP	Gravas mal graduadas		No cumplen con las especificaciones para GW	
		Gravas con finos (más de 12 % de finos)	GM	Grava limosa		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$	Encima de la línea A con IP entre 4 y 7 son casos que requieren doble símbolo
			GC	Grava arcillosa		Límites de Atterberg sobre de la línea A o $IP > 7$	
	ARENAS (50 % o más de la fracción gruesa pasa el tamiz N° 4)	Arenas limpias (menos de 5 % de finos)	SW	Arena bien graduada		$Cu = D_{60}/D_{10} > 6 \wedge Cc = (D_{30})^2/D_{10} \times D_{60} \wedge 1 < Cc < 3$	
			SP	Arena mal graduada		No cumplen con las especificaciones para SW	
		Arenas con fino (más de 12 % de finos)	SM	Arena limosa		Límites de Atterberg debajo de la línea A o $IP < 4$	Ubicados en la zona rayada con 4 IP entre 4 y 7.
			SC	Arena arcillosa		Límites de Atterberg sobre de la línea A o $IP > 7$	
SUELOS DE GRANO FINO (más del 50 % pasa por el tamiz N° 200)	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido $< 50 \%$		ML	Limo	$IP < 4$ o cae bajo la línea A		
			CL	Arcilla de baja plasticidad	$IP > 7$ y cae en o sobre la línea A		
			OL	Arcilla o limo orgánico	L.L. (secado al horno) / L.L. (sin secado al horno) < 0.75		
	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido $\geq 50 \%$		MH	Limo elástico	IP cae bajo de la línea A		
			CH	Arcilla inorgánica de alta plasticidad	IP cae en o sobre la línea A		
			OH	Arcilla orgánica de plasticidad media a elevada o limo orgánico	L.L. (secado al horno) / L.L. (sin secado al horno) < 0.75		
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS			PT	Turba y otros suelos de alto contenido orgánico	Patrón principal de identificación: color oscuro a negro, color orgánico, textura fibrosa a amorfa. No aplican ensayos		

FUENTE: NTP 339.135. 1999 — Modificado por el autor

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

FUENTE: MTC. 2013c

Figura 7 — Signos convencionales para perfil de calicatas según AASHTO

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

FUENTE: MTC. 2013c

Figura 8 — Signos convencionales para perfil de calicatas según SUCS

3.3 Marco Conceptual

a) Agregado

Es un material granular duro que pueden estar compuestos de arena, grava, escoria y roca triturada, es combinado en distintos tamaños para darle uso (Coronado Iturbide, 2002)

b) Base

Es una capa gruesa diseñada para formar la estructura del pavimento y se utiliza para distribuir y transferir la carga del tráfico a la capa inferior sobre la que se coloca la capa de rodadura (Coronado Iturbide, 2002).

c) CBR (Relación de soporte de california)

Es un ensayo donde el resultado de esta prueba es el valor de soporte relativo del suelo o material, medido después de aplicar una fuerza a un gran volumen de suelo (MTC, 2013b).

d) Carpeta o superficie de rodadura

La parte superior del pavimento, constituido por asfalto o superficie dura, apoya directamente la circulación del vehículo. parte superior de un pavimento, constituido por pavimento bituminoso o rígido, que sostiene directamente la circulación vehicular (Coronado Iturbide, 2002).

e) Mantenimiento

Una serie de actividades de limpieza, reposición y reparación realizadas de forma periódica y clara en la vía para garantizar su normal funcionamiento y alargar al máximo su vida útil de acuerdo con las normas de diseño y construcción del proyecto (Coronado Iturbide, 2002).

f) Mantenimiento periódico

Una serie de acciones programables en la carretera a intervalos regulares para mantener los niveles de servicio. Estas actividades pueden ser manuales o mecánicas e incluyen principalmente: i) reemplazo de capas de desgaste, aplicación de capas y compactación, ii) reparación o reconstrucción oportuna de bases de pavimento, iii) reparación o reconstrucción oportuna de túneles, muros, obras de recuperación, elementos de seguridad vial y designaciones, iv) reparación o reconstrucción específica de la plataforma vial y v) reparación o reconstrucción específica de los componentes del puente de superestructura y subestructura (MTC, 2013b).



g) Mantenimiento rutinario

Conjunto de acciones llevadas a cabo a lo largo del tiempo en las carreteras para mantener los estándares del servicio viario. Estas operaciones pueden ser manuales o mecánicas e incluyen principalmente limpieza, parchado, perfilado, fregado, eliminación de depresiones menores y juntas de dilatación, limpieza o reparación de soportes, pintura y secado de la superestructura y subestructura del puente (MTC, 2013b).

h) Mejoramiento

Realización de actividades constructivas necesarias para mantener las vías existentes en buenas, regulares o malas condiciones en mejores condiciones físicas y operativas que antes, para ampliar su capacidad o simplemente para brindar un mejor servicio a los usuarios (Coronado Iturbide, 2002).

i) Pavimento

La estructura general del pavimento, subrasante, subbase, base y capas de pavimento colocadas sobre el nivel del suelo para soportar cargas de vehículos (Coronado Iturbide, 2002).

j) Tratamiento superficial

Empleo de una o más capas compuestas por pulverizaciones asfálticas, que podrán contener aditivos y masillas, cuyas propiedades se determinen según las especificaciones técnicas. Suele haber uno, dos y tres pisos (MTC, 2013b).

k) Transitabilidad

Nivel de servicio de la infraestructura vial que garantiza la misma condición que asegura el flujo normal del tráfico en un período de tiempo determinado (MTC, 2013b).

l) Carretera

Vías destinadas al tránsito de vehículos automotores, con al menos dos ejes y elementos geométricos que cumplan con las normas técnicas vigentes en el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2013b).

m) Carretera no pavimentada

Una carretera cuya superficie de rodadura está compuesta por gravas o afirmado, suelos estabilizados o terreno natural (MTC, 2013b).



n) Carretera pavimentada

Una carretera tiene una superficie de rodadura hecha de una mezcla de bitumen (flexible) o de concreto Pórtland (rígido) (MTC, 2013b).

o) Carretera sin afirmar

Carretera a nivel de subrasante o donde la superficie de rodadura ha perdido el afirmado (MTC, 2013b).

p) Estabilizador de suelo

Producto químico, natural o sintético, que mejora una o más de sus propiedades de comportamiento cuando actúa y/o se combina con el suelo (MTC, 2013b).

q) Subrasante

Es una capa que sostiene la estructura del pavimento y se extiende hasta que la carga de diseño correspondiente al tránsito previsto no la afecte (Coronado Iturbide, 2002).

r) Rap (Pavimento de asfalto reciclado)

Materiales procedentes de demoliciones de mezclas asfáltica (Restrepo Sierra y Stephens Zapata, 2015).

s) Reciclaje

Consiste en la recolección de las capas de la estructura que fue deteriorada, para mejorar su capacidad estructural y su posterior reutilización (Restrepo Sierra y Stephens Zapata, 2015).

t) Acceso

entrada y salida a una obra u instalación de infraestructura vial (MTC, 2013b).

CAPÍTULO IV

METODOLOGÍA

4.1 Tipo y nivel de investigación.

4.1.1 Tipo de investigación

De acuerdo a las variables de estudio es considerada una investigación experimental, porque la variable independiente fue manipulada intencionalmente con diversos porcentajes de material granular de pavimento asfáltico reciclado.

De acuerdo con el objetivo que busca, es una investigación aplicada, ya que busca conocer mediante ensayos de laboratorio sus propiedades y variaciones del afirmado, adicionando pavimento asfáltico reciclado en diversos porcentajes, además de comprobarse si el material es apto para su utilización (Borja Suárez, 2016).

Según Vásquez Ramírez et al. (2023) El propósito de la investigación aplicada es resolver problemas y tomar decisiones prácticas.

4.1.2 Nivel de investigación

De acuerdo la interacción entre las variables pertenece a una investigación de nivel explicativo, ya que se determinó la causa efecto entre las variables independiente y dependiente. Según Hernández Sampieri (2014) el alcance explicativo se centra en explicar los fenómenos y por qué se relacionan dos o más variables.

4.2 Diseño de la investigación

La investigación cuenta con un diseño experimental, porque se manipuló la variable independiente con diversos porcentajes de RAP, en nueve grupos experimentales, para garantizar la confiabilidad de los resultados con tres repeticiones por grupo como se aprecia en la tabla 15. Se observó el comportamiento del RAP en cada una de las

propiedades del afirmado (CBR, contenido de humedad óptimo y densidad seca), para cada dosificación planteada.

Tabla 15 — Esquema del desarrollo experimental

Numero de repeticiones	Porcentaje de adición de pavimento asfaltico reciclado								
	G ₁	G ₂	G ₃	G ₄	G ₅	G ₆	G ₇	G ₈	G ₉
	0%	5%	10%	15%	20%	25%	30%	45%	60%
R1	M ₁₁	M ₁₂	M ₁₃	M ₁₄	M ₁₅	M ₁₆	M ₁₇	M ₁₈	M ₁₉
R2	M ₂₁	M ₂₂	M ₂₃	M ₂₄	M ₂₅	M ₂₆	M ₂₇	M ₂₈	M ₂₉
R3	M ₃₁	M ₃₂	M ₃₃	M ₃₄	M ₃₅	M ₃₆	M ₃₇	M ₃₈	M ₃₉
NOTA G _{1,2,3,4,5,6,7,8,9} : Grupos experimentales M _{ij} : Muestras experimentales i: 1,2,3 números de repeticiones j: 1,2...9 unidades experimentales									

4.3 Descripción ética de la investigación

Esta investigación atribuirá a la población en las dimensiones técnicas, sociales como también económicas logrando contribuir con información actual para mejorar las propiedades del afirmado. Se elaboró con información veraz y con fundamento, no se infringió las normas que rigen una investigación, de esta manera se logró obtener conclusiones con la mayor objetividad y autenticidad.

Toda la responsabilidad ética y moral recae en los investigadores durante todo el estudio de investigación hasta la conclusión, basándose en valores éticos como la honestidad, responsabilidad, respeto y confidencialidad. reconociendo el trabajo de otros autores, evitando datos falsos en la investigación y proporcionando información real acorde a los resultados determinados, incluidas referencias bibliográficas, tablas, figuras, etc.

4.4 Población y muestra

4.4.1 Población

La cantidad de material utilizable de la cantera el Gran Chaparral, que es utilizada para el mantenimiento de la carretera AP-646 del distrito de Abancay, constituye la población objeto de esta investigación.

4.4.2 Muestra

Para el trabajo de investigación se tomaron 27 muestras, conformados en 9 grupos experimentales con tres repeticiones por cada grupo experimental que se sometieron a investigación.



- Grupo experimental 1 (G_1): 3 muestras con adición del 0 % de RAP
- Grupo experimental 2 (G_2): 3 muestras con adición del 5 % de RAP
- Grupo experimental 3 (G_3): 3 muestras con adición del 10 % de RAP
- Grupo experimental 4 (G_4): 3 muestras con adición del 15 % de RAP
- Grupo experimental 5 (G_5): 3 muestras con adición del 20 % de RAP
- Grupo experimental 6 (G_6): 3 muestras con adición del 25 % de RAP
- Grupo experimental 7 (G_7): 3 muestras con adición del 30 % de RAP
- Grupo experimental 8 (G_8): 3 muestras con adición del 45 % de RAP
- Grupo experimental 9 (G_9): 3 muestras con adición del 60 % de RAP

Tabla 16 — Muestras para el grupo experimental 1 (G_1)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₁	M ₂₁	M ₃₁	M ₁₁	M ₂₁	M ₃₁
A 	A 	A 			
B 	B 	B 			
C 	C 	C 			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

La tabla 16 muestra la cantidad de muestras que fueron sometidos a prueba en el grupo experimental 1 (G_1), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 17 — Muestras para el grupo experimental 2 (G₂)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₂	M ₂₂	M ₃₂	M ₁₂	M ₂₂	M ₃₂
A	A	A			
B	B	B			
C	C	C			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 17 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 2 (G₂), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 18 — Muestras para el grupo experimental 3 (G₃)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₃	M ₂₃	M ₃₃	M ₁₃	M ₂₃	M ₃₃
A	A	A			
B	B	B			
C	C	C			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 18 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 3 (G₃), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 19 — Muestras para el grupo experimental 4 (G₄)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₄	M ₂₄	M ₃₄	M ₁₄	M ₂₄	M ₃₄
A 	A 	A 			
B 	B 	B 			
C 	C 	C 			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 19 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 4 (G₄), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 20 — Muestras para el grupo experimental 5 (G₅)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₅	M ₂₅	M ₃₅	M ₁₅	M ₂₅	M ₃₅
A 	A 	A 			
B 	B 	B 			
C 	C 	C 			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 20 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 5 (G₅), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 21 — Muestras para el grupo experimental 6 (G₆)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₆	M ₂₆	M ₃₆	M ₁₆	M ₂₆	M ₃₆
A 	A 	A 			
B 	B 	B 			
C 	C 	C 			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 21 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 6 (G₆), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 22 — Muestras para el grupo experimental 7 (G₇)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₇	M ₂₇	M ₃₇	M ₁₇	M ₂₇	M ₃₇
A 	A 	A 			
B 	B 	B 			
C 	C 	C 			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 22 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 7 (G₇), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 23 — Muestras para el grupo experimental 8 (G₈)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₈	M ₂₈	M ₃₈	M ₁₈	M ₂₈	M ₃₈
A	A	A			
B	B	B			
C	C	C			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 23 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 8 (G₈), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

Tabla 24 — Muestras para el grupo experimental 9 (G₉)

Capacidad de soporte (CBR)			Proctor modificado		
M ₁₉	M ₂₉	M ₃₉	M ₁₉	M ₂₉	M ₃₉
A	A	A			
B	B	B			
C	C	C			
NOTA (A) Prueba efectuada con 12 golpes por capa (B) Prueba efectuada con 25 golpes por capa (C) Prueba efectuada con 56 golpes por capa					

En la tabla 24 se muestra la cantidad de muestras que se sometieron a prueba en el grupo experimental 9 (G₉), que consistió en 9 moldes para el ensayo de CBR y 12 moldes para el ensayo de proctor modificado.

4.5 Procedimiento

La investigación siguió los pasos indicados en la figura 9.

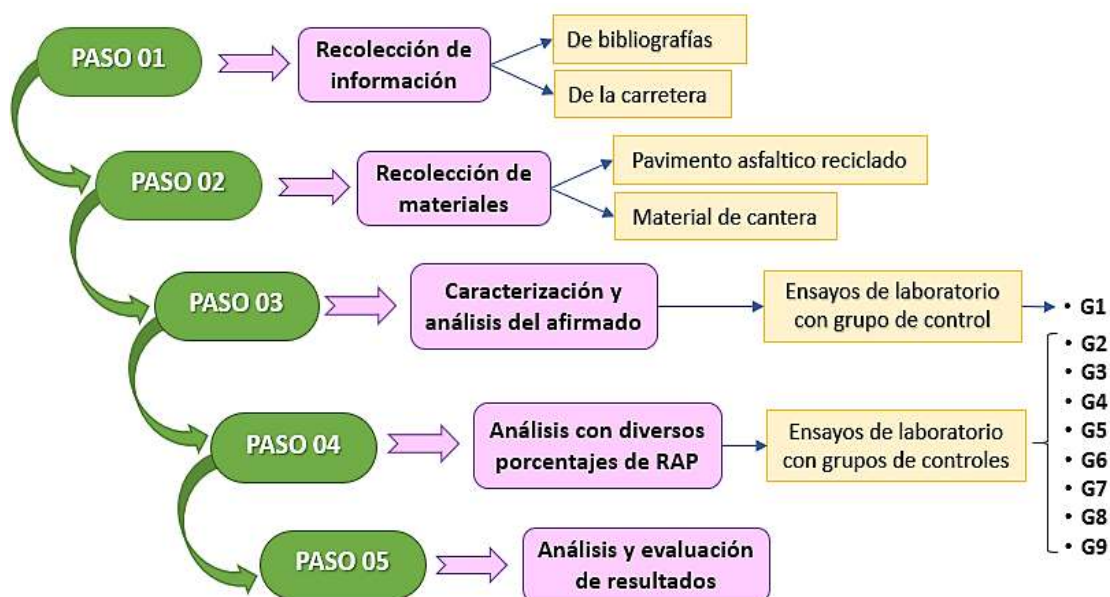
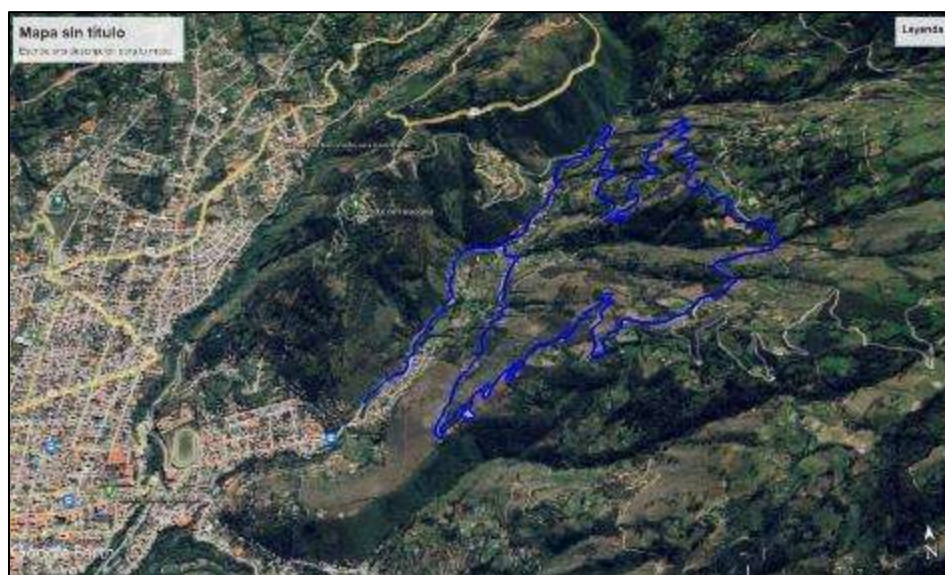


Figura 9 — Esquema de procedimientos de la investigación

4.5.1 Recolección de información

La información de la AP-646 se utilizó para la investigación.



FUENTE: Google Earth. 2024 — Modificado por el autor

Figura 10 — Ubicación de la carrera AP-646

4.5.2 Recolección de materiales

a) Pavimento asfáltico reciclado

Se recicló el pavimento asfáltico para la investigación en la Av. Pachacútec del distrito de Abancay.



FUENTE: Google Earth. 2024 — Modificado por el autor

Figura 11 — Ubicación de la Av. Pachacútec

b) Material de cantera utilizado para el afirmado

La cantera el gran Chaparral, se ubica en la localidad de Condebamba del distrito de Abancay.



FUENTE: Google Earth. 2024 — Modificado por el autor

Figura 12 — Ubicación de la cantera el gran Chaparral

4.5.3 Ensayos de laboratorio

Los ensayos de laboratorio se realizaron de acuerdo con los procedimientos establecidos en las normativas vigentes del MTC.

- Proctor modificado
- Ensayo de CBR
- Análisis granulométrico por tamizado
- Límites de consistencia
- Equivalente de arena

4.6 Técnicas e Instrumentos

Seleccionada la información, se consideró leer los documentos con especial atención a los temas de interés (problemática, objetivos, metodología, resultados, discusión, conclusiones y recomendaciones), así como a las referencias bibliográficas de las investigaciones que se recopilaban (Berjarano Benites, 2020).

Con ello se busca el desarrollo de objetivos de la investigación, determinando los cálculos relacionados con el trabajo de investigación. Así mismo poder hacer uso de los resultados finales.

- Instrumento N°1: CBR para una penetración de carga de 0.1”
- Instrumento N°2: Proctor modificado
- Instrumento N°3: Análisis granulométrico
- Instrumento N°4: Índice de plasticidad – Casa Grande

4.6.1 Nivel de significancia

Esta denotado por la letra griega “ α ” que significa "riesgo" o "probabilidad", indica en qué medida se está dispuesto a cometer el error. Para reducir el riesgo o la probabilidad de error, se prefieren valores muy bajos de α . Para α , los valores más comunes son 0.01 o 0.05. (Moya, 2009, p. 704).

Para esta investigación, se buscó un 95 % de confiabilidad con un margen de error del 5 %, con un nivel de significancia $\alpha=0.05$.

4.6.2 Prueba de normalidad

Para la prueba de normalidad de una población se tuvo en cuenta el tamaño de la muestra si es menor a 50 se aplica la prueba de Shapiro-Wilk, si el tamaño de la



muestra es mayor a 50 se aplica la prueba de Kolmogorov-Smirnov, siguiendo los siguientes pasos:

- Hipótesis
H₀: Los datos tienen distribución normal
H_a: Los datos no tienen distribución normal
- Se asumió $\alpha = 0.05$
- Se contrastó el supuesto de normalidad.
- El siguiente criterio de decisión se tuvo en cuenta que,
Si el valor de Sig. < 0.05 se acepta H_a y se rechaza H₀.
Si el valor de Sig. ≥ 0.05 se acepta H₀ y se rechaza H_a

4.6.3 Prueba de homogeneidad o igualdad de varianzas

Se siguieron los siguientes pasos para probar la homogeneidad de una población o la igualdad de sus varianzas:

- Hipótesis
H₀: Existe igualdad de varianza
H_a: No existe igualdad de varianza
- Se asumió $\alpha = 0.05$
- Se contrastó el supuesto de homogeneidad utilizando la prueba de Levene
- El siguiente criterio de decisión se tuvo en cuenta
Si el valor de Sig. < 0.05 se acepta H_a y se rechaza H₀.
Si el valor de Sig. ≥ 0.05 se acepta H₀ y se rechaza H_a

4.6.4 Pruebas post hoc

La prueba post hoc se llevó a cabo después de obtener un p-valor de menos de 0.05, lo que significa que la hipótesis nula del análisis de varianza fue rechazada. Se llevó a cabo para determinar las diferencias entre las medias pronosticadas de cada grupo experimental.

La prueba de post hoc de Tukey se utilizará si existe igualdad de varianzas entre los grupos experimentales.

4.7 Análisis estadístico

Teniendo en cuenta el tipo y nivel de investigación, se utilizó la prueba de análisis de varianza de un factor (ANOVA) para el análisis estadístico, debido a que se planteó 9



grupos experimentales, con tres repeticiones en cada grupo, con muestras de datos cuantitativos, que nos permitirá descubrir si los resultados difieren de manera significativa entre sí.

4.7.1 Análisis de varianza de un factor

Triola (2018) define el análisis de varianza de un factor como un método para probar que la hipótesis de tres o más medias poblacionales sean iguales. Utiliza datos categorizados con un factor, por lo que hay una característica que se usa para separar los datos muestrales en diferentes categorías. Para realizar la prueba se debe cumplir los siguientes requisitos:

- Las distribuciones de las muestras son aproximadamente normales.
- Las desviaciones estándar de las muestras son iguales.
- Las muestras están basadas en datos cuantitativos.
- Las muestras no se relacionan entre sí.
- Las diversas muestras son de poblaciones categorizadas de una sola manera.

Procedimiento para realizar la prueba análisis de varianza

Paso 1: Planteamiento de hipótesis

$$H_0: \mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \dots = \mu_n$$

H_a : al menos una de las medias es distinta de las demás

Paso 2: Determinar el nivel de significancia

Paso 3: Prueba de normalidad

Paso 4: Prueba de homogeneidad o igualdad de varianza

Paso 5: Análisis de varianza

Paso 6: Criterios de toma de decisiones

Si $p\text{-valor} < 0.05$ se acepta H_a y se rechaza H_0

Si $p\text{-valor} \geq 0.05$ se acepta H_0 y se rechaza H_a

4.7.2 Prueba de una hipótesis estadística

Moya C. (2009) define como una regla que nos ayuda a tomar una decisión cuando se observan los valores experimentales; implica aceptar o rechazar la hipótesis. Centrarse en dos hipótesis estadísticas, la hipótesis nula H_0 , que es la hipótesis que se quiere probar, y la hipótesis alterna H_a , que es la hipótesis



contraria al H_0 y se acepta cuando se rechaza la hipótesis nula, es una forma fácil de determinar lo que se quiere de un procedimiento de prueba de hipótesis estadísticas.

Elementos de prueba de una hipótesis estadística

El siguiente proceso se utiliza para realizar una prueba de hipótesis estadística, donde se utilizan varios elementos:

- Plantear la hipótesis nula y alterna (H_0 y H_a).
- Determinar el nivel de significación
- Obtener una estadística de prueba apropiada.
- Determinar el valor crítico.
- Calcular los valores de la prueba.
- Sacar conclusiones.

Hipótesis nula (H_0)

La hipótesis nula "anula" el efecto de un procedimiento y representa la ausencia de efecto de la variable en cuestión. Por lo tanto, la especificación de la hipótesis nula suele ser opuesta a la especificación de la hipótesis cierta (Moya, 2009, p. 702)

Hipótesis alterna (H_a)

La hipótesis alternativa se formula con menos precisión en la mayoría de los casos; con frecuencia se define como una variación de valores que prevalecería si la variable que se estudia ejerció algún efecto. La hipótesis alternativa es la hipótesis que es opuesta a la hipótesis nula (Moya, 2009, p. 702).



CAPÍTULO V

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

5.1 Análisis de resultados

5.1.1 Resultados de CBR

Tabla 25 — Resultado de CBR del grupo experimental 1 (G₁)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					al 95 %	al 100 %
M ₁₁	A	12	2.03	10.73	28.14	40.27
	B	25	2.11	19.73		
	C	56	2.28	36.67		
M ₂₁	A	12	1.99	10.73	28.90	39.87
	B	25	2.12	19.73		
	C	56	2.31	41.00		
M ₃₁	A	12	2.01	18.20	36.63	48.34
	B	25	2.13	29.67		
	C	56	2.30	47.80		
Promedio					31.22	42.83

La tabla 25 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 0 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.20 gr/cm³), tiene un CBR de 28.14 % en la muestra M₁₁, 28.90 % en la muestra M₂₁ y 36.63 % en la muestra M₃₁, teniendo un promedio de 31.22 %. Con el 100% de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.31 gr/cm³), se logra un CBR de 40.27 % en la muestra M₁₁, 39.87 % en la muestra M₂₁ y 48.34 % en la muestra M₃₁, teniendo un promedio de 42.83 %.



Tabla 26 — Resultado de CBR del grupo experimental 2 (G₂)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					al 95 %	al 100 %
M ₁₂	A	12	2.02	15.00	59.08	89.92
	B	25	2.13	43.27		
	C	56	2.31	92.07		
M ₂₂	A	12	2.03	16.33	61.51	93.67
	B	25	2.12	46.20		
	C	56	2.29	89.20		
M ₃₂	A	12	2.07	14.93	46.49	83.69
	B	25	2.22	43.07		
	C	56	2.30	92.27		
Promedio					55.69	89.09

La tabla 26 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 5 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.19 gr/cm³), tiene un CBR de 59.08 % en la muestra M₁₂, 61.51 % en la muestra M₂₂ y 46.49 % en la muestra M₃₂, teniendo un promedio de 55.69 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.30 gr/cm³), tiene un CBR de 89.92 % en la muestra M₁₂, 93.67 % en la muestra M₂₂ y 83.69 % en la muestra M₃₂, teniendo un promedio de 89.09 %.

Tabla 27 — Resultado de CBR del grupo experimental 3 (G₃)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					al 95 %	al 100 %
M ₁₃	A	12	2.01	15.13	60.97	92.99
	B	25	2.14	43.60		
	C	56	2.29	92.60		
M ₂₃	A	12	2.02	16.93	62.84	96.29
	B	25	2.15	46.33		
	C	56	2.27	92.80		
M ₃₃	A	12	2.01	15.13	63.90	98.45
	B	25	2.15	43.60		
	C	56	2.26	92.60		
Promedio					62.57	95.91

La tabla 27 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 10 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.19 gr/cm³), tiene un CBR de 60.97 % en la muestra M₁₃, 62.84 % en la muestra M₂₃ y 63.90 % en la muestra M₃₃, teniendo un promedio de 62.57 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.30 gr/cm³), tiene un CBR de 92.99 % en la muestra M₁₃, 96.29 % en la muestra M₂₃ y 98.45 % en la muestra M₃₃, teniendo un promedio de 95.91 %.

Tabla 28 — Resultado de CBR del grupo experimental 4 (G₄)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					Al 95 %	Al 100 %
M ₁₄	A	12	1.97	15.67	53.41	75.95
	B	25	2.09	37.53		
	C	56	2.26	73.13		
M ₂₄	A	12	2.04	31.53	57.92	84.44
	B	25	2.15	50.93		
	C	56	2.29	88.73		
M ₃₄	A	12	2.04	22.80	48.74	74.33
	B	25	2.13	44.87		
	C	56	2.28	76.00		
Promedio					53.36	78.24

La tabla 28 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 15 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.17 gr/cm³), tiene un CBR de 53.41 % en la muestra M₁₄, 57.92 % en la muestra M₂₄ y 48.74 % en la muestra M₃₄, teniendo un promedio de 53.36 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.28 gr/cm³), tiene un CBR de 75.95 % en la muestra M₁₄, 84.44 % en la muestra M₂₄ y 74.33 % en la muestra M₃₄, teniendo un promedio de 78.24 %.

Tabla 29 — Resultado de CBR del grupo experimental 5 (G₅)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					Al 95 %	Al 100 %
M ₁₅	A	12	2.03	20.33	53.15	83.86
	B	25	2.13	50.87		
	C	56	2.25	80.67		
M ₂₅	A	12	2.03	24.40	56.64	85.44
	B	25	2.11	50.20		
	C	56	2.26	85.40		
M ₃₅	A	12	2.03	18.73	53.53	86.15
	B	25	2.11	36.13		
	C	56	2.20	66.80		
Promedio					54.44	85.15

La tabla 29 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 20 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.15 gr/cm³), tiene un CBR de 53.15 % en la muestra M₁₅, 56.64 % en la muestra M₂₅ y 53.53% en la muestra M₃₅, teniendo un promedio de 54.44 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.26 gr/cm³), tiene un CBR de 83.86 % en la muestra M₁₅, 85.44 % en la muestra M₂₅ y 86.15 % en la muestra M₃₅, teniendo un promedio de 85.15 %.



Tabla 30 — Resultado de CBR del grupo experimental 6 (G₆)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					Al 95 %	Al 100 %
M ₁₆	A	12	2.04	31.47	42.07	78.19
	B	25	2.11	46.60		
	C	56	2.20	83.67		
M ₂₆	A	12	2.04	31.40	39.57	75.78
	B	25	2.11	46.87		
	C	56	2.19	82.67		
M ₃₆	A	12	1.99	26.13	46.18	75.18
	B	25	2.12	47.73		
	C	56	2.23	91.13		
Promedio					42.61	76.38

La tabla 30 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 25 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.08 gr/cm³), tiene un CBR de 42.07 % en la muestra M₁₆, 39.57 % en la muestra M₂₆ y 46.18 % en la muestra M₃₆, teniendo un promedio de 42.61 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.19 gr/cm³), tiene un CBR de 78.19 % en la muestra M₁₆, 75.78% en la muestra M₂₆ y 75.18 % en la muestra M₃₆, teniendo un promedio de 76.38 %.

Tabla 31 — Resultado de CBR del grupo experimental 7 (G₇)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					Al 95 %	Al 100 %
M ₁₇	A	12	1.88	15.13	40.32	60.48
	B	25	2.00	31.27		
	C	56	2.12	60.93		
M ₂₇	A	12	1.90	15.44	39.67	62.89
	B	25	2.01	31.89		
	C	56	2.11	62.15		
M ₃₇	A	12	1.90	19.80	43.17	65.12
	B	25	2.01	37.13		
	C	56	2.14	69.33		
Promedio					41.05	62.83

La tabla 31 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 30 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.02 gr/cm³), tiene un CBR de 40.32 % en la muestra M₁₇, 39.67 % en la muestra M₂₇ y 43.17 % en la muestra M₃₇, teniendo un promedio de 41.05 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.=

2.13 gr/cm³), tiene un CBR de 60.48 % en la muestra M₁₇, 62.89 % en la muestra M₂₇ y 65.12 % en la muestra M₃₇, teniendo un promedio de 62.83 %.

Tabla 32 — Resultado de CBR del grupo experimental 8 (G₈)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					Al 95 %	Al 100 %
M ₁₈	A	12	1.86	18.93	37.60	55.54
	B	25	1.99	30.73		
	C	56	2.08	59.00		
M ₂₈	A	12	1.88	13.93	31.87	53.63
	B	25	1.99	31.20		
	C	56	2.09	58.40		
M ₃₈	A	12	1.84	19.73	40.99	57.02
	B	25	1.98	38.27		
	C	56	2.09	59.47		
Promedio					36.82	55.40

La tabla 32 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 45 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 1.99 gr/cm³), tiene un CBR de 37.60 % en la muestra M₁₈, 31.87 % en la muestra M₂₈ y 40.99 % en la muestra M₃₈, teniendo un promedio de 36.82 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 2.09 gr/cm³), tiene un CBR de 55.54 % en la muestra M₁₈, 53.63 % en la muestra M₂₈ y 57.02 % en la muestra M₃₈, teniendo un promedio de 55.40 %.

Tabla 33 — Resultado de CBR del grupo experimental 9 (G₉)

Muestra	Molde	N° de Golpes	Densidad Seca (gr/cm ³)	CBR (%)	CBR con la M.D.S.	
					Al 95 %	Al 100 %
M ₁₉	A	12	1.71	18.27	35.45	43.71
	B	25	1.88	30.53		
	C	56	2.03	43.93		
M ₂₉	A	12	1.72	13.27	36.91	47.88
	B	25	1.89	31.20		
	C	56	2.05	48.67		
M ₃₉	A	12	1.72	19.40	38.73	47.75
	B	25	1.85	37.87		
	C	56	2.01	46.13		
Promedio					37.03	46.45

La tabla 33 muestra los resultados del ensayo de CBR para una penetración de carga 0.1" con adición del 60 % de pavimento asfáltico reciclado, al 95 % de su densidad máxima seca (M.D.S.= 1.93 gr/cm³), tiene un CBR de 35.45 % en la muestra M₁₉, 36.91 % en la muestra M₂₉ y 38.73 % en la muestra M₃₉, teniendo un promedio de 37.03 %. Con el 100 % de su densidad máxima seca (M.D.S.=

2.03 gr/cm³), tiene un CBR de 43.71 % en la muestra M₁₉, 47.88 % en la muestra M₂₉ y 47.75 % en la muestra M₃₉, teniendo un promedio de 46.45 %.

Tabla 34 — Resumen ensayo de CBR al 100 % de su densidad seca máxima

Grupo experimental	Porcentaje de CBR (%)			Media
	R1	R2	R3	
G ₁	40.27	39.87	48.34	42.83
G ₂	89.92	93.67	83.69	89.09
G ₃	92.99	96.29	98.45	95.91
G ₄	75.95	84.44	74.33	78.24
G ₅	83.86	85.44	86.15	85.15
G ₆	78.19	75.78	75.18	76.38
G ₇	60.48	62.89	65.12	62.83
G ₈	55.54	53.63	57.02	55.40
G ₉	43.71	47.88	47.75	46.45

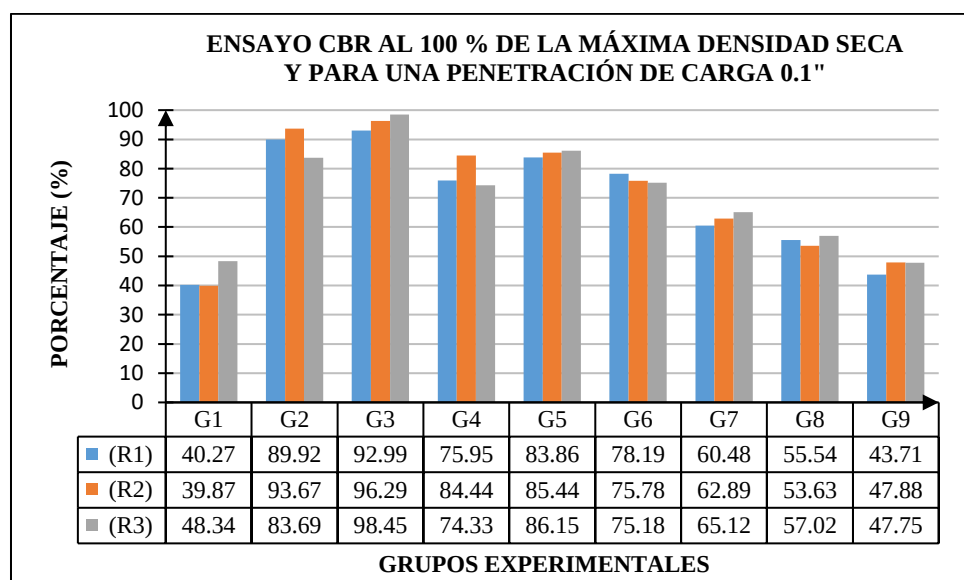


Figura 13 — Resumen del ensayo CBR para cada grupo experimental

La figura 13 muestra los resultados del ensayo de CBR, adicionando pavimento asfáltico reciclado en porcentajes para cada grupo, en el cual se observa que hay un incremento significativo respecto al material de cantera grupo experimental 1 (G₁), siendo el más favorable el grupo experimental 3 (G₃), lo cual indica que la resistencia del afirmado mejora con la adición de pavimento asfáltico reciclado.



Figura 14 — Promedio de resultados de los ensayos CBR de cada grupo experimental

La figura 14 muestra el promedio de resultados de CBR, obtenidos de las muestras de cada uno de los grupos experimentales, el grupo más favorable es el grupo experimental 3 (G₃), que tiene una adición del 10 %, lo cual nos indica que la adición del pavimento asfáltico reciclado mejora significativamente el CBR del afirmado.

5.1.2 Resultados de óptimo contenido de humedad

Tabla 35 — Resumen de contenido de humedad óptimo

Grupo experimental	Contenido de humedad óptima (%)			Media
	R1	R2	R3	
G ₁	6.20	6.18	6.22	6.20
G ₂	6.12	6.14	6.10	6.12
G ₃	6.24	6.22	6.25	6.24
G ₄	6.25	6.27	6.24	6.25
G ₅	6.31	6.32	6.30	6.31
G ₆	5.95	5.88	6.06	5.96
G ₇	5.72	5.74	5.70	5.72
G ₈	5.41	5.40	5.42	5.41
G ₉	5.21	5.20	5.22	5.21

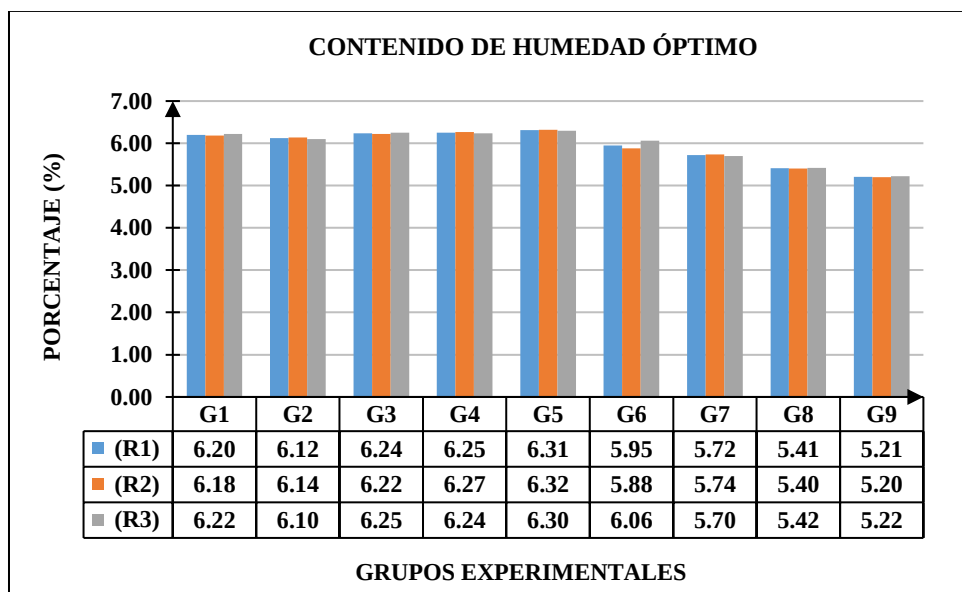


Figura 15 — Resumen del contenido de humedad óptimo por grupo experimental

La figura 15 muestra los resultados del ensayo de proctor modificado, adicionando pavimento asfáltico reciclado en porcentajes indicados en cada grupo, en el cual se observa que hay un incremento respecto al material de cantera grupo experimental 1 (G₁), siendo el más favorable en grupo experimental 5 (G₅), lo que indica que a medida que se agrega pavimento asfáltico reciclado, el óptimo contenido de humedad disminuye.

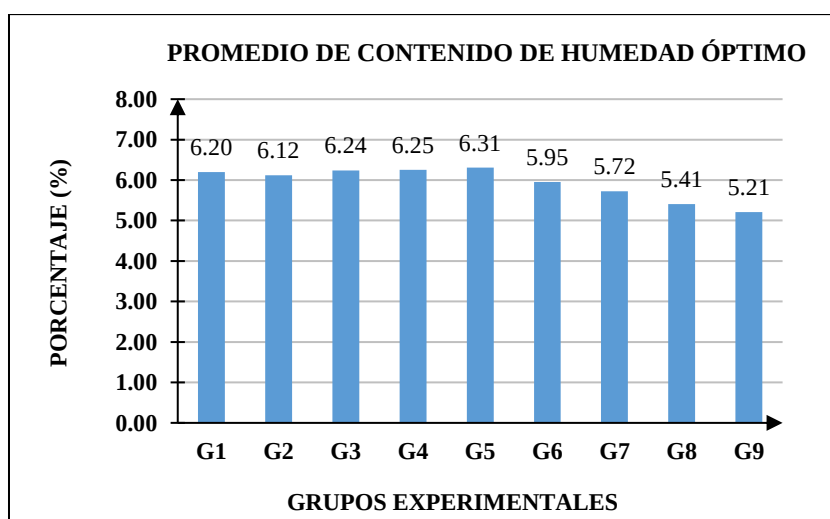


Figura 16 — Promedio de resultados del contenido de humedad óptimo por grupo experimental

La figura 16 muestra que el contenido de humedad óptimo disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de pavimento asfáltico reciclado.

5.1.3 Resultados de densidad seca

Tabla 36 — Resumen de resultados de la densidad seca

Grupo experimental	Densidad seca (gr/cm ³)			Media
	R1	R2	R3	
G ₁	2.28	2.31	2.30	2.30
G ₂	2.31	2.29	2.30	2.30
G ₃	2.29	2.27	2.26	2.27
G ₄	2.26	2.29	2.28	2.28
G ₅	2.25	2.26	2.2	2.24
G ₆	2.2	2.19	2.23	2.21
G ₇	2.12	2.11	2.14	2.12
G ₈	2.08	2.09	2.10	2.09
G ₉	2.03	2.05	2.01	2.03

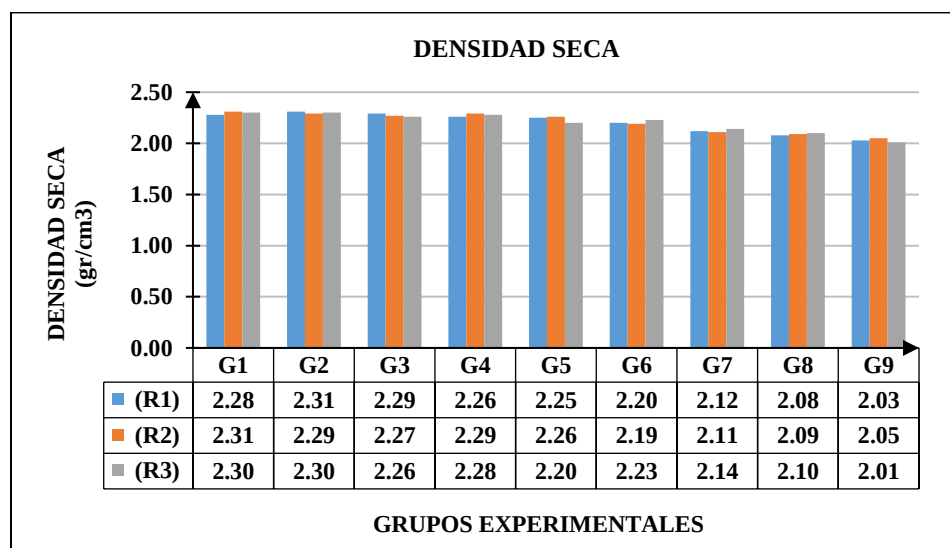


Figura 17 — Resumen de las densidades secas de cada grupo experimental

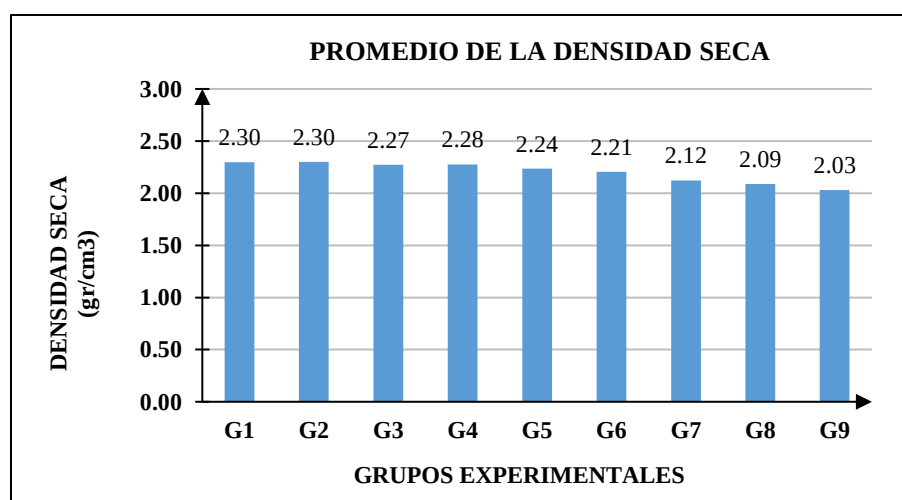


Figura 18 — Promedio de resultados de la densidad seca por grupo experimental

La Figura 18 muestra que a medida que aumenta el porcentaje de pavimento asfáltico reciclado, la densidad seca máxima disminuye.

5.1.4 Resultados para la dosificación óptima

Además de los ensayos de granulometría, límite plástico y límite líquido, consideraremos los resultados de la tabla N° 38 para determinar la dosificación óptima.

Límite líquido

Al realizar el ensayo se obtuvo que el límite líquido tiene un valor de 27.15 % satisfaciendo los estándares de calidad indicado en la tabla 2, lo cual tiene un límite líquido máximo del 35 %.

Límite plástico e índice de plasticidad

Al realizar el ensayo se obtuvo que el límite plástico tiene un valor de 21.32 % y un índice de plasticidad de 5.83 %, cumpliendo con los estándares indicados en la tabla 2, el cual tendría que estar entre el 4 % hasta 9 %.

Equivalente de arena

Se obtuvo un resultado del 44 % al realizar el ensayo de equivalente de arena.

Análisis granulométrico

Tabla 37 — Granulometría del material de afirmado por tamizado

Tamiz		Peso Retenido (g)	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasa
(Pulg.)	(mm)				
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	253.00	8.31	8.31	91.69
3/4"	19.000	218.40	7.17	15.48	84.52
1/2"	12.700	317.20	10.42	25.90	74.10
3/8"	9.510	146.30	4.80	30.70	69.30
1/4"	6.350	304.50	10.00	40.70	59.30
N°4	4.760	173.10	5.68	46.39	53.61
N°10	2.000	602.40	19.78	66.17	33.83
N°20	0.840	442.40	14.53	80.70	19.30
N°30	0.590	93.10	3.06	83.76	16.24
N°40	0.420	103.00	3.38	87.14	12.86
N°60	0.250	84.30	2.77	89.91	10.09
N°100	0.149	45.90	1.51	91.42	8.58
N°200	0.074	55.60	1.83	93.24	6.76
Pasa N°200		205.80	6.76		

En la tabla 37 se muestra el resultado del análisis granulométrico del material afirmado de cantera por tamizado. Se encontró que el 53.61 % del material pasa el tamiz N° 4 y el 6.76 % pasa el tamiz N° 200, con un tamaño máximo nominal de 1 1/2". De la muestra cuarteada, que se seleccionó 3,045.00 gramos, se encontró que el 40.70 % es grava, el 52.54 % es arena y el 6.76 % es fino.

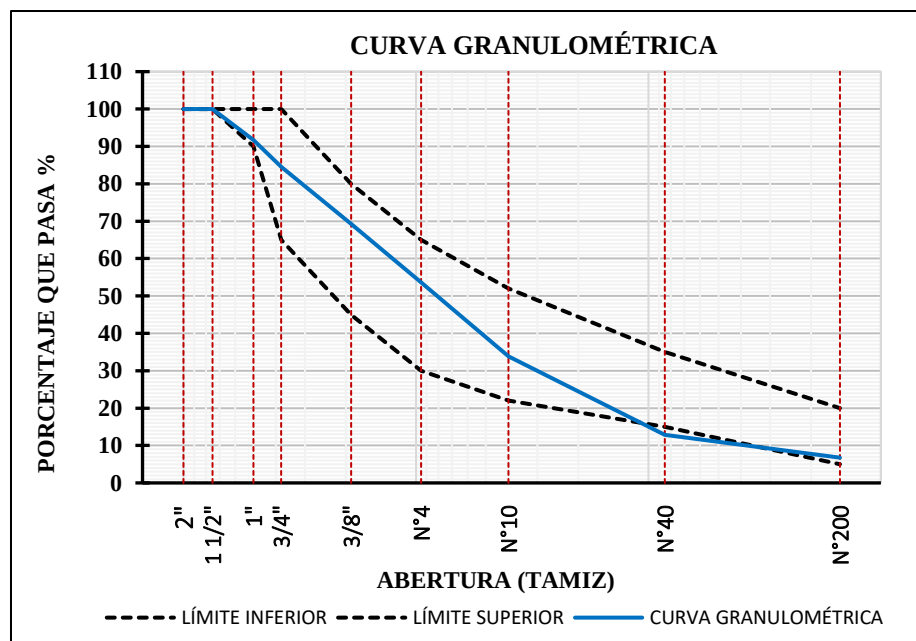


Figura 19 — Curva granulométrica del afirmado

La curva granulométrica cumple con los requisitos de calidad del material, como se muestra en la figura 19, ajustándose a la franja granulométrica A-1 de la tabla 3.

Tabla 38 — Resumen de las propiedades físico mecánicas por grupo experimental

Grupo experimental	% de adición de RAP	Media de CBR (%)	Media del óptimo contenido de humedad (%)	Media de la densidad seca (gr/cm ³)
G ₁	0%	42.83	6.20	2.30
G ₂	5%	89.09	6.12	2.30
G ₃	10%	95.91	6.24	2.27
G ₄	15%	78.24	6.25	2.28
G ₅	20%	85.15	6.31	2.24
G ₆	25%	76.38	5.96	2.21
G ₇	30%	62.83	5.72	2.12
G ₈	45%	55.40	5.41	2.09
G ₉	60%	46.45	5.21	2.03

Teniendo en cuenta que, el material RAP adicionado para cada grupo experimental es granular, esto conlleva a, no influir en el límite líquido y límite plástico. Debido que, se tamizó con el tamiz N° 40 previamente, por el cual no se verá afectado los resultados. Por parte de la granulometría a medida que se va adicionando el porcentaje de RAP se va alejando del límite inferior y límite superior de la curva granulométrica por el cual es recomendable adicionar la menor cantidad de RAP, por parte de CBR es considerable tener el mayor porcentaje alcanzado.

Teniendo en cuenta los hallazgos de la investigación, la dosificación que mejor contribuye a las propiedades físico mecánicas del afirmado es del grupo experimental 3 (G₃) con una adición del 10 % de pavimento asfáltico reciclado. En cuanto a la granulometría, se ajusta a la franja granulométrica A-1, con una media de 95.91 % de CBR, incrementando 123.93 % en comparación con el patrón, el contenido de humedad óptimo tiene una media de 6.24 % incrementado 0.65 % en comparación al patrón, y con una media de 2.27 gr/cm³ de densidad seca, disminuyendo 1.30 % en comparación al patrón.

5.2 Contrastación de hipótesis

El análisis estadístico de la investigación se llevó a cabo utilizando el software IBM SPSS. Se analizaron las propiedades físico mecánicas del material utilizado para la carretera AP-646, en relación del CBR, contenido de humedad óptimo y densidad seca con adición del material granular reciclado de pavimento asfáltico en porcentajes para cada grupo experimental de 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 %.

Para contrastar la hipótesis de la investigación, se utilizó el análisis de varianza ANOVA de un factor que involucra más de tres medias poblacionales y se complementará con las pruebas post hoc de Tukey.

a) CBR (Relación de soporte californiana)

- **Paso 1: Planteamiento estadístico**

H₀: No existe diferencia entre las medias de los porcentajes de CBR del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % ($\mu_{\text{CBR}_0\%} = \mu_{\text{CBR}_5\%} = \mu_{\text{CBR}_{10\%}} = \mu_{\text{CBR}_{15\%}} = \mu_{\text{CBR}_{20\%}} = \mu_{\text{CBR}_{25\%}} = \mu_{\text{CBR}_{30\%}} = \mu_{\text{CBR}_{45\%}} = \mu_{\text{CBR}_{60\%}}$).



H_a: Existe diferencia entre las medias de los porcentajes de CBR del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % (al menos una de las medias es diferente).

Criterio de decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H₀ y se rechaza H_a

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a y se rechaza H₀

• Paso 2: Nivel de significancia

Se utilizó un valor de significancia del 5 % (0.05)

• Paso 3: Prueba de normalidad

Se sometieron 27 muestras a investigación por el cual la prueba de normalidad se realizará por el método de Shapiro-Wilk.

Hipótesis

H₀: Los datos tienen distribución normal

H_a: Los datos no tienen distribución normal

Decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H₀

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a

Tabla 39 — Prueba de normalidad para resultados de CBR

% de material granular reciclado de pavimento asfáltico		Shapiro - Wilk.		
		Estadístico	gl.	Sig.
CBR (muestra patrón + % de material granular del pavimento asfáltico)	0 %	0.785	3	0.080
	5 %	0.980	3	0.728
	10 %	0.986	3	0.771
	15 %	0.867	3	0.286
	20 %	0.954	3	0.588
	25 %	0.892	3	0.362
	30 %	0.999	3	0.957
	45 %	0.995	3	0.860
	60 %	0.773	3	0.052

La tabla 39 muestra los resultados de la prueba de normalidad, que muestran valores de significancia superiores a 0.05 (Sig. > 0.05), entonces aceptamos la hipótesis nula y determinamos que los datos tienen distribución normal.

- **Paso 4: Prueba de homogeneidad o igualdad de varianzas**

Se utilizó la prueba de Levene para determinar la igualdad de varianzas.

Hipótesis

H_0 : Existen igualdad de varianzas

H_a : No existen igualdad de varianzas

Decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H_0

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a

Tabla 40 — Prueba de igualdad de varianzas para los resultados de CBR

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Relación de soporte californiana (muestra patrón + 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 45%, 60% de material granular del pavimento asfáltico)	Se basa en la media	2.306	8	18	0.067
	Se basa en la mediana	0.429	8	18	0.888
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	0.429	8	8.338	0.875
	Se basa en la media recortada	2.080	8	18	0.094

La tabla 40 muestra los resultados de la prueba de Levene. Los valores de significancia son superiores a 0.05, entonces aceptamos H_0 y determinamos que existe igualdad de varianzas entre los grupos experimentales.

- **Paso 5: Análisis de varianza de un factor**

Tabla 41 — Análisis de varianza de un factor para los resultados de CBR

CBR	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8793.871	8	1099.234	95.952	0.000
Dentro de grupos	206.209	18	11.456		
Total	9000.080	26			

La tabla 41 muestra que el valor es menor a 0.05 (Sig. < 0.05) por lo que aceptamos la hipótesis alterna (H_a) y determinamos que existe diferencia entre porcentajes de CBR de los grupos experimentales. Al existir igual de varianzas entre los grupos experimentales se realizó la prueba post hoc de Tuckey para determinar que tratamiento tiene un mejor efecto para el CBR de los grupos experimentales.

• Paso 6: Prueba post hoc de Tuckey

Tabla 42 — Comparaciones múltiples HSD Tukey para los resultados de CBR

HSD Tukey						
(I) grupos exp.	(J) grupos exp.	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
0%	5%	-46.26667*	2.76358	0.000	-55.9499	-36.5835
	10%	-53.08333*	2.76358	0.000	-62.7665	-43.4001
	15%	-35.41333*	2.76358	0.000	-45.0965	-25.7301
	20%	-42.32333*	2.76358	0.000	-52.0065	-32.6401
	25%	-33.55667*	2.76358	0.000	-43.2399	-23.8735
	30%	-20.00333*	2.76358	0.000	-29.6865	-10.3201
	45%	-12.57000*	2.76358	0.006	-22.2532	-2.8868
	60%	-3.62000	2.76358	0.916	-13.3032	6.0632
5%	0%	46.26667*	2.76358	0.000	36.5835	55.9499
	10%	-6.81667	2.76358	0.309	-16.4999	2.8665
	15%	10.85333*	2.76358	0.021	1.1701	20.5365
	20%	3.94333	2.76358	0.873	-5.7399	13.6265
	25%	12.71000*	2.76358	0.005	3.0268	22.3932
	30%	26.26333*	2.76358	0.000	16.5801	35.9465
	45%	33.69667*	2.76358	0.000	24.0135	43.3799
	60%	42.64667*	2.76358	0.000	32.9635	52.3299
10%	0%	53.08333*	2.76358	0.000	43.4001	62.7665
	5%	6.81667	2.76358	0.309	-2.8665	16.4999
	15%	17.67000*	2.76358	0.000	7.9868	27.3532
	20%	10.76000*	2.76358	0.023	1.0768	20.4432
	25%	19.52667*	2.76358	0.000	9.8435	29.2099
	30%	33.08000*	2.76358	0.000	23.3968	42.7632
	45%	40.51333*	2.76358	0.000	30.8301	50.1965
	60%	49.46333*	2.76358	0.000	39.7801	59.1465
15%	0%	35.41333*	2.76358	0.000	25.7301	45.0965
	5%	-10.85333*	2.76358	0.021	-20.5365	-1.1701
	10%	-17.67000*	2.76358	0.000	-27.3532	-7.9868
	20%	-6.91000	2.76358	0.294	-16.5932	2.7732
	25%	1.85667	2.76358	0.999	-7.8265	11.5399
	30%	15.41000*	2.76358	0.001	5.7268	25.0932
	45%	22.84333*	2.76358	0.000	13.1601	32.5265
	60%	31.79333*	2.76358	0.000	22.1101	41.4765
20%	0%	42.32333*	2.76358	0.000	32.6401	52.0065
	5%	-3.94333	2.76358	0.873	-13.6265	5.7399
	10%	-10.76000*	2.76358	0.023	-20.4432	-1.0768
	15%	6.91000	2.76358	0.294	-2.7732	16.5932
	25%	8.76667	2.76358	0.094	-0.9165	18.4499
	30%	22.32000*	2.76358	0.000	12.6368	32.0032
	45%	29.75333*	2.76358	0.000	20.0701	39.4365
	60%	38.70333*	2.76358	0.000	29.0201	48.3865
25%	0%	33.55667*	2.76358	0.000	23.8735	43.2399



	5%	-12.71000*	2.76358	0.005	-22.3932	-3.0268
	10%	-19.52667*	2.76358	0.000	-29.2099	-9.8435
	15%	-1.85667	2.76358	0.999	-11.5399	7.8265
	20%	-8.76667	2.76358	0.094	-18.4499	0.9165
	30%	13.55333*	2.76358	0.003	3.8701	23.2365
	45%	20.98667*	2.76358	0.000	11.3035	30.6699
	60%	29.93667*	2.76358	0.000	20.2535	39.6199
30%	0%	20.00333*	2.76358	0.000	10.3201	29.6865
	5%	-26.26333*	2.76358	0.000	-35.9465	-16.5801
	10%	-33.08000*	2.76358	0.000	-42.7632	-23.3968
	15%	-15.41000*	2.76358	0.001	-25.0932	-5.7268
	20%	-22.32000*	2.76358	0.000	-32.0032	-12.6368
	25%	-13.55333*	2.76358	0.003	-23.2365	-3.8701
	45%	7.43333	2.76358	0.219	-2.2499	17.1165
45%	0%	12.57000*	2.76358	0.006	2.8868	22.2532
	5%	-33.69667*	2.76358	0.000	-43.3799	-24.0135
	10%	-40.51333*	2.76358	0.000	-50.1965	-30.8301
	15%	-22.84333*	2.76358	0.000	-32.5265	-13.1601
	20%	-29.75333*	2.76358	0.000	-39.4365	-20.0701
	25%	-20.98667*	2.76358	0.000	-30.6699	-11.3035
	30%	-7.43333	2.76358	0.219	-17.1165	2.2499
60%	0%	3.62000	2.76358	0.916	-6.0632	13.3032
	5%	-42.64667*	2.76358	0.000	-52.3299	-32.9635
	10%	-49.46333*	2.76358	0.000	-59.1465	-39.7801
	15%	-31.79333*	2.76358	0.000	-41.4765	-22.1101
	20%	-38.70333*	2.76358	0.000	-48.3865	-29.0201
	25%	-29.93667*	2.76358	0.000	-39.6199	-20.2535
	30%	-16.38333*	2.76358	0.000	-26.0665	-6.7001
	45%	-8.95000	2.76358	0.083	-18.6332	0.7332

Tabla 43 — Subconjuntos homogéneos para resultados de CBR

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05					
		1	2	3	4	5	6
0%	3	42.8267					
60%	3	46.4467	46.4467				
45%	3		55.3967	55.3967			
30%	3			62.8300			
25%	3				76.3833		
15%	3				78.2400		
20%	3				85.1500	85.1500	
5%	3					89.0933	89.0933
10%	3						95.9100
Sig.		0.916	0.083	0.219	0.094	0.873	0.309

La tabla 43 muestra los subconjuntos homogéneos de los resultados del ensayo de CBR, donde el subconjunto del grupo experimental 3 (G₃) es superior a los demás grupos experimentales.

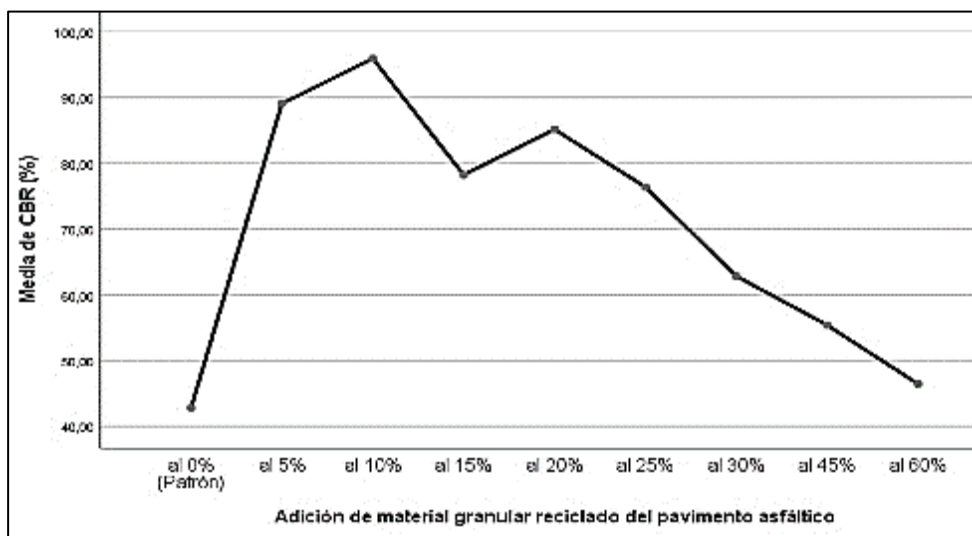


Figura 20 — Grafico de medias del ensayo de CBR

La figura 20 muestra que la media del CBR con adición del 10 % de material granular reciclado del pavimento asfáltico perteneciente al grupo experimental 3 (G₃), tiene el mayor porcentaje de CBR con respecto al patrón y los demás grupos experimentales.

- **Paso 6: Contrastación**

De la prueba de análisis de varianza se aceptó la hipótesis alterna y podemos concluir que, existe diferencia entre las medias de los porcentajes de CBR del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 %.

De la tabla 43 se evidencia que, para el CBR la media del grupo experimental 3 (G₃) es superior a los demás grupos experimentales, teniendo un efecto positivo logrando incrementar su valor en 123.93 % respecto a la media de la muestra patrón. Podemos concluir que la adición del material reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento del porcentaje de CBR.

b) Contenido de humedad óptimo (proctor modificado)

- **Paso 1: Planteamiento estadístico**

H₀: No existe diferencia entre las medias de los porcentajes de contenido de humedad óptimo del afirmado, adicionando material granular reciclado del

pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % ($\mu_{CH_0\%} = \mu_{CH_5\%} = \mu_{CH_10\%} = \mu_{CH_15\%} = \mu_{CH_20\%} = \mu_{CH_25\%} = \mu_{CH_30\%} = \mu_{CH_45\%} = \mu_{CH_60\%}$).

H_a: Existe diferencia entre las medias de los porcentajes de contenido de humedad óptima del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % (al menos una de las medias es diferente).

Criterio de decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H₀ y se rechaza H_a

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a y se rechaza H₀

• Paso 2: Nivel de significancia

Se utilizó un valor de significancia del 5 % (0.05)

• Paso 3: Prueba de normalidad

Se sometieron 27 muestras a investigación por el cual la prueba de normalidad se realizará por el método de Shapiro-Wilk.

Hipótesis

H₀: Los datos tienen distribución normal

H_a: Los datos no tienen distribución normal

Decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H₀

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a

Tabla 44 — Prueba de normalidad para el contenido de humedad óptimo

% de material granular reciclado de pavimento asfáltico		Shapiro – Wilk.		
		Estadístico	gl.	Sig.
Contenido de humedad óptimo (muestra patrón + % de material granular del pavimento asfáltico)	0%	1.000	3	1.000
	5%	1.000	3	1.000
	10%	.964	3	.637
	15%	.964	3	.637
	20%	1.000	3	1.000
	25%	.984	3	.756
	30%	1.000	3	1.000
	45%	1.000	3	1.000
	60%	1.000	3	1.000

La tabla 44 muestra los resultados de la prueba de normalidad, que muestran valores de significancia superiores a 0.05, lo que indica que aceptamos la hipótesis nula y determinamos que los datos tienen distribución normal.

- **Paso 4: Prueba de homogeneidad o igualdad de varianzas**

Se utilizó la prueba de Levene para determinar la igualdad de varianzas.

Hipótesis

H_0 : Existen igualdad de varianzas

H_a : No existen igualdad de varianzas

Decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H_0

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a

Tabla 45 — Prueba de igualdad de varianza para el contenido de humedad óptimo

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Óptimo contenido de humedad (muestra patrón + 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 45%, 60% de material granular del pavimento asfáltico)	Se basa en la media	3.474	8	18	.013
	Se basa en la mediana	2.033	8	18	.101
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	2.033	8	2.981	.303
	Se basa en la media recortada	3.377	8	18	.015

La tabla 45 muestra los resultados de la prueba de igualdad de varianza. Los valores de significancia son mayores a 0.05, entonces aceptamos H_0 y determinamos que existe igualdad de varianzas entre los grupos experimentales.

- **Paso 5: ANOVA**

Tabla 46 — Análisis de varianza de un factor para el contenido de humedad óptimo

Contenido de humedad óptimo	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	3.857	8	0.482	425.410	0.000
Dentro de grupos	.020	18	0.001		
Total	3.877	26			

La tabla 46 muestra que el valor de sig. es menor a 0.05, por lo que aceptamos la hipótesis alterna, y determinamos que existe diferencia entre los porcentajes de contenido de humedad óptimo de los grupos experimentales, al existir igual de varianzas entre los grupos experimentales se realizó la prueba post hot de Tuckey para determinar que tratamiento tiene un mejor efecto para el contenido de humedad óptima de los grupos experimentales

- **Paso 6: prueba post hot de Tuckey**

Tabla 47 — Comparaciones múltiples HSD Tukey para el contenido de humedad óptimo

HSD Tukey						
(I) grupos exp.	(J) grupos exp.	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
0 %	5%	0.08000	0.02749	0.151	-0.0163	0.1763
	10%	-0.03667	0.02749	0.908	-0.1330	0.0596
	15%	-0.05333	0.02749	0.598	-0.1496	0.0430
	20%	-.11000*	0.02749	0.018	-0.2063	-0.0137
	25%	.23667*	0.02749	0.000	0.1404	0.3330
	30%	.48000*	0.02749	0.000	0.3837	0.5763
	45%	.79000*	0.02749	0.000	0.6937	0.8863
	60%	.99000*	0.02749	0.000	0.8937	1.0863
5 %	0%	-0.08000	0.02749	0.151	-0.1763	0.0163
	10%	-.11667*	0.02749	0.011	-0.2130	-0.0204
	15%	-.13333*	0.02749	0.003	-0.2296	-0.0370
	20%	-.19000*	0.02749	0.000	-0.2863	-0.0937
	25%	.15667*	0.02749	0.001	0.0604	0.2530
	30%	.40000*	0.02749	0.000	0.3037	0.4963
	45%	.71000*	0.02749	0.000	0.6137	0.8063
	60%	.91000*	0.02749	0.000	0.8137	1.0063
10 %	0%	0.03667	0.02749	0.908	-0.0596	0.1330
	5%	.11667*	0.02749	0.011	0.0204	0.2130
	15%	-0.01667	0.02749	0.999	-0.1130	0.0796
	20%	-0.07333	0.02749	0.226	-0.1696	0.0230
	25%	.27333*	0.02749	0.000	0.1770	0.3696
	30%	.51667*	0.02749	0.000	0.4204	0.6130
	45%	.82667*	0.02749	0.000	0.7304	0.9230
	60%	1.02667*	0.02749	0.000	0.9304	1.1230
15 %	0%	0.05333	0.02749	0.598	-0.0430	0.1496
	5%	.13333*	0.02749	0.003	0.0370	0.2296
	10%	0.01667	0.02749	0.999	-0.0796	0.1130
	20%	-0.05667	0.02749	0.525	-0.1530	0.0396
	25%	.29000*	0.02749	0.000	0.1937	0.3863
	30%	.53333*	0.02749	0.000	0.4370	0.6296
	45%	.84333*	0.02749	0.000	0.7470	0.9396

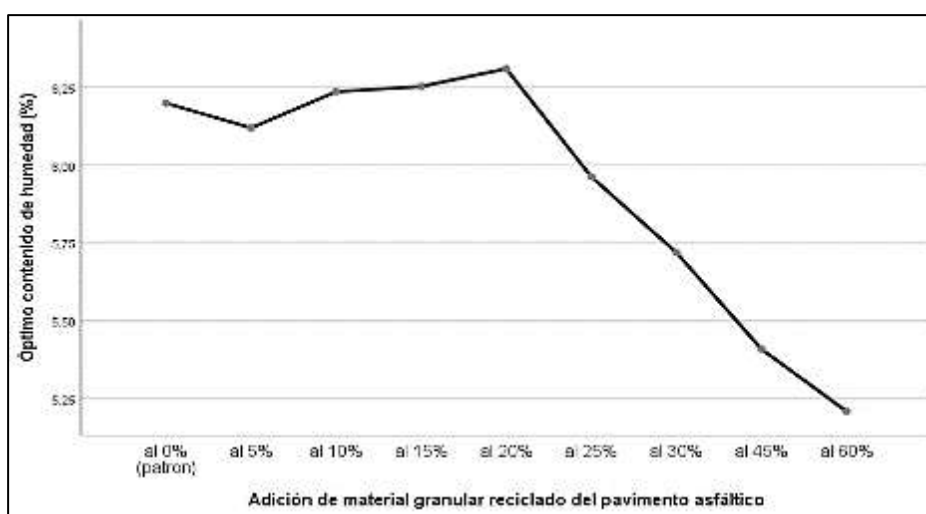


	60%	1.04333*	0.02749	0.000	0.9470	1.1396
20 %	0%	.11000*	0.02749	0.018	0.0137	0.2063
	5%	.19000*	0.02749	0.000	0.0937	0.2863
	10%	0.07333	0.02749	0.226	-0.0230	0.1696
	15%	0.05667	0.02749	0.525	-0.0396	0.1530
	25%	.34667*	0.02749	0.000	0.2504	0.4430
	30%	.59000*	0.02749	0.000	0.4937	0.6863
	45%	.90000*	0.02749	0.000	0.8037	0.9963
	60%	1.10000*	0.02749	0.000	1.0037	1.1963
25 %	0%	-.23667*	0.02749	0.000	-0.3330	-0.1404
	5%	-.15667*	0.02749	0.001	-0.2530	-0.0604
	10%	-.27333*	0.02749	0.000	-0.3696	-0.1770
	15%	-.29000*	0.02749	0.000	-0.3863	-0.1937
	20%	-.34667*	0.02749	0.000	-0.4430	-0.2504
	30%	.24333*	0.02749	0.000	0.1470	0.3396
	45%	.55333*	0.02749	0.000	0.4570	0.6496
	60%	.75333*	0.02749	0.000	0.6570	0.8496
30 %	0%	-.48000*	0.02749	0.000	-0.5763	-0.3837
	5%	-.40000*	0.02749	0.000	-0.4963	-0.3037
	10%	-.51667*	0.02749	0.000	-0.6130	-0.4204
	15%	-.53333*	0.02749	0.000	-0.6296	-0.4370
	20%	-.59000*	0.02749	0.000	-0.6863	-0.4937
	25%	-.24333*	0.02749	0.000	-0.3396	-0.1470
	45%	.31000*	0.02749	0.000	0.2137	0.4063
	60%	.51000*	0.02749	0.000	0.4137	0.6063
45 %	0%	-.79000*	0.02749	0.000	-0.8863	-0.6937
	5%	-.71000*	0.02749	0.000	-0.8063	-0.6137
	10%	-.82667*	0.02749	0.000	-0.9230	-0.7304
	15%	-.84333*	0.02749	0.000	-0.9396	-0.7470
	20%	-.90000*	0.02749	0.000	-0.9963	-0.8037
	25%	-.55333*	0.02749	0.000	-0.6496	-0.4570
	30%	-.31000*	0.02749	0.000	-0.4063	-0.2137
	60%	.20000*	0.02749	0.000	0.1037	0.2963
60 %	0%	-.99000*	0.02749	0.000	-1.0863	-0.8937
	5%	-.91000*	0.02749	0.000	-1.0063	-0.8137
	10%	-1.02667*	0.02749	0.000	-1.1230	-0.9304
	15%	-1.04333*	0.02749	0.000	-1.1396	-0.9470
	20%	-1.10000*	0.02749	0.000	-1.1963	-1.0037
	25%	-.75333*	0.02749	0.000	-0.8496	-0.6570
	30%	-.51000*	0.02749	0.000	-0.6063	-0.4137
	45%	-.20000*	0.02749	0.000	-0.2963	-0.1037

Tabla 48 — Subconjuntos homogéneos para el contenido de humedad óptimo

Grupos	N	Subconjunto para alfa = 0.05						
		1	2	3	4	5	6	7
60 %	3	5.2100						
45 %	3		5.4100					
30 %	3			5.7200				
25 %	3				5.9633			
5 %	3					6.1200		
0 %	3					6.2000	6.2000	
10 %	3						6.2367	6.2367
15 %	3						6.2533	6.2533
20 %	3							6.3100
Sig.		1.000	1.000	1.000	1.000	0.151	0.598	0.226

La tabla 48 muestra los subconjuntos homogéneos de los resultados del contenido de humedad óptimo, donde el subconjunto conformado por el grupo experimental 3 (G₃) es superior a los demás grupos experimentales.

**Figura 21 — Grafico de medias del contenido de humedad óptimo**

La figura 21 muestra que la media del contenido de humedad óptima con adición del 20 % de material granular reciclado del pavimento asfáltico perteneciente al grupo experimental 5 (G₅), tiene el mayor porcentaje de contenido de humedad óptimo con respecto al patrón y los demás grupos experimentales.

- Paso 6: Contrastación**

De la prueba de análisis de varianza se aceptó la hipótesis alterna y podemos concluir que, existe diferencia entre las medias de los porcentajes de contenido de humedad óptimo del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 %.

De la tabla 48 se evidencia que, para el contenido de humedad óptimo la media del grupo experimental 5 (G_5) es superior a los demás grupos experimentales, teniendo un efecto positivo logrando incrementar su valor en 1.77 %, respecto a la media de la muestra patrón. Podemos concluir que la adición del material reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento del porcentaje de contenido de humedad óptimo. También se puede apreciar que superior al 20 % de adición del material reciclado del pavimento asfáltico, disminuye el porcentaje de contenido de humedad óptimo.

c) **Densidad seca**

• **Paso 1: Planteamiento estadístico**

H_0 : No existe diferencia entre las medias de las densidades secas del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % ($\mu_{CH_0\%} = \mu_{CH_5\%} = \mu_{CH_10\%} = \mu_{CH_15\%} = \mu_{CH_20\%} = \mu_{CH_25\%} = \mu_{CH_30\%} = \mu_{CH_45\%} = \mu_{CH_60\%}$).

H_a : Existe diferencia entre las medias de las densidades secas del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 % (patrón), 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 % (al menos una de las medias es diferente).

Criterio de decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H_0 y se rechaza H_a

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a y se rechaza H_0

• **Paso 2: Nivel de significancia**

Se utilizó un valor de significancia del 5 % (0.05)

• **Paso 3: Prueba de normalidad**

Se sometieron 27 muestras a investigación por el cual la prueba de normalidad se realizará por el método de Shapiro-Wilk.

Hipótesis

H_0 : Los datos tienen distribución normal

H_a : Los datos no tienen distribución normal

Decisión



Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H_0

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a

Tabla 49 — Prueba de normalidad para la densidad seca

% de material granular reciclado de pavimento asfáltico		Shapiro – Wilk.		
		Estadístico	gl.	Sig.
Densidad seca (muestra patrón + % de material granular del pavimento asfáltico)	0%	.964	3	.637
	5%	1.000	3	1.000
	10%	.964	3	.637
	15%	.964	3	.637
	20%	.871	3	.298
	25%	.923	3	.463
	30%	.964	3	.637
	45%	1.000	3	1.000
	60%	1.000	3	1.000

La tabla 49 muestra los resultados de la prueba de normalidad, con valores de significancia superiores a 0.05, lo que indica que aceptamos la hipótesis nula y determinamos que los datos tienen una distribución normal.

• **Paso 4: Prueba de homogeneidad o igualdad de varianzas**

Se utilizo la prueba de Levene para determinar la igualdad de varianzas.

Hipótesis

H_0 : Existen igualdad de varianzas

H_a : No existen igualdad de varianzas

Decisión

Si el valor de sig. ≥ 0.05 se acepta H_0

Si el valor de sig. < 0.05 se acepta H_a

Tabla 50 — Prueba de igualdad de varianzas para la densidad seca

		Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Densidad seca (muestra patrón + 0%, 5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30%, 45%, 60% de material granular del pavimento asfáltico)	Se basa en la media	1.284	8	18	.312
	Se basa en la mediana	.293	8	18	.959
	Se basa en la mediana y con gl ajustado	.293	8	7.779	.948
	Se basa en la media recortada	1.184	8	18	.361

La tabla 50 muestra los resultados de la prueba de Levene. Los valores de significancia son mayores a 0.05, entonces aceptamos H_0 y determinamos que existe igualdad de varianzas entre los grupos experimentales

- **Paso 5: ANOVA**

Tabla 51 — Análisis de varianza de un factor para la densidad seca

Densidad seca	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	.236	8	0.030	88.586	0.000
Dentro de grupos	.006	18	0.000		
Total	.242	26			

La tabla 51 muestra que el valor de la Sig. es menor a 0.05 (Sig. < 0.05) por lo que aceptamos la hipótesis alterna, por el cual concluimos que existe diferencia entre las medias de la densidad seca de los grupos experimentales, al existir igual de varianzas entre los grupos experimentales se realizó la prueba de post hot de Tuckey para determinar que tratamiento tiene un mejor efecto de densidad seca de los grupos experimentales.

- **Paso 6: prueba post hot de Tuckey**

Tabla 52 — Comparaciones múltiples HSD Tukey para la densidad seca

HSD Tukey						
(I) grupos exp.	(J) grupos exp.	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95 %	
					Límite inferior	Límite superior
0 %	5%	-0.00333	0.01491	1.000	-0.0556	0.0489
	10%	0.02333	0.01491	0.811	-0.0289	0.0756
	15%	0.02000	0.01491	0.905	-0.0322	0.0722
	20%	.06000*	0.01491	0.018	0.0078	0.1122
	25%	.09000*	0.01491	0.000	0.0378	0.1422
	30%	.17333*	0.01491	0.000	0.1211	0.2256
	45%	.20667*	0.01491	0.000	0.1544	0.2589
	60%	.26667*	0.01491	0.000	0.2144	0.3189
5 %	0%	0.00333	0.01491	1.000	-0.0489	0.0556
	10%	0.02667	0.01491	0.688	-0.0256	0.0789
	15%	0.02333	0.01491	0.811	-0.0289	0.0756
	20%	.06333*	0.01491	0.011	0.0111	0.1156
	25%	.09333*	0.01491	0.000	0.0411	0.1456
	30%	.17667*	0.01491	0.000	0.1244	0.2289
	45%	.21000*	0.01491	0.000	0.1578	0.2622
	60%	.27000*	0.01491	0.000	0.2178	0.3222
10 %	0%	-0.02333	0.01491	0.811	-0.0756	0.0289
	5%	-0.02667	0.01491	0.688	-0.0789	0.0256

	15%	-0.00333	0.01491	1.000	-0.0556	0.0489
	20%	0.03667	0.01491	0.312	-0.0156	0.0889
	25%	.06667*	0.01491	0.007	0.0144	0.1189
	30%	.15000*	0.01491	0.000	0.0978	0.2022
	45%	.18333*	0.01491	0.000	0.1311	0.2356
	60%	.24333*	0.01491	0.000	0.1911	0.2956
15 %	0%	-0.02000	0.01491	0.905	-0.0722	0.0322
	5%	-0.02333	0.01491	0.811	-0.0756	0.0289
	10%	0.00333	0.01491	1.000	-0.0489	0.0556
	20%	0.04000	0.01491	0.221	-0.0122	0.0922
	25%	.07000*	0.01491	0.004	0.0178	0.1222
	30%	.15333*	0.01491	0.000	0.1011	0.2056
	45%	.18667*	0.01491	0.000	0.1344	0.2389
	60%	.24667*	0.01491	0.000	0.1944	0.2989
20 %	0%	-.06000*	0.01491	0.018	-0.1122	-0.0078
	5%	-.06333*	0.01491	0.011	-0.1156	-0.0111
	10%	-0.03667	0.01491	0.312	-0.0889	0.0156
	15%	-0.04000	0.01491	0.221	-0.0922	0.0122
	25%	0.03000	0.01491	0.554	-0.0222	0.0822
	30%	.11333*	0.01491	0.000	0.0611	0.1656
	45%	.14667*	0.01491	0.000	0.0944	0.1989
	60%	.20667*	0.01491	0.000	0.1544	0.2589
25 %	0%	-.09000*	0.01491	0.000	-0.1422	-0.0378
	5%	-.09333*	0.01491	0.000	-0.1456	-0.0411
	10%	-.06667*	0.01491	0.007	-0.1189	-0.0144
	15%	-.07000*	0.01491	0.004	-0.1222	-0.0178
	20%	-0.03000	0.01491	0.554	-0.0822	0.0222
	30%	.08333*	0.01491	0.001	0.0311	0.1356
	45%	.11667*	0.01491	0.000	0.0644	0.1689
	60%	.17667*	0.01491	0.000	0.1244	0.2289
30 %	0%	-.17333*	0.01491	0.000	-0.2256	-0.1211
	5%	-.17667*	0.01491	0.000	-0.2289	-0.1244
	10%	-.15000*	0.01491	0.000	-0.2022	-0.0978
	15%	-.15333*	0.01491	0.000	-0.2056	-0.1011
	20%	-.11333*	0.01491	0.000	-0.1656	-0.0611
	25%	-.08333*	0.01491	0.001	-0.1356	-0.0311
	45%	0.03333	0.01491	0.425	-0.0189	0.0856
	60%	.09333*	0.01491	0.000	0.0411	0.1456
45 %	0%	-.20667*	0.01491	0.000	-0.2589	-0.1544
	5%	-.21000*	0.01491	0.000	-0.2622	-0.1578
	10%	-.18333*	0.01491	0.000	-0.2356	-0.1311
	15%	-.18667*	0.01491	0.000	-0.2389	-0.1344
	20%	-.14667*	0.01491	0.000	-0.1989	-0.0944
	25%	-.11667*	0.01491	0.000	-0.1689	-0.0644
	30%	-0.03333	0.01491	0.425	-0.0856	0.0189
	60%	.06000*	0.01491	0.018	0.0078	0.1122
60 %	0%	-.26667*	0.01491	0.000	-0.3189	-0.2144
	5%	-.27000*	0.01491	0.000	-0.3222	-0.2178
	10%	-.24333*	0.01491	0.000	-0.2956	-0.1911

	15%	-.24667*	0.01491	0.000	-0.2989	-0.1944
	20%	-.20667*	0.01491	0.000	-0.2589	-0.1544
	25%	-.17667*	0.01491	0.000	-0.2289	-0.1244
	30%	-.09333*	0.01491	0.000	-0.1456	-0.0411
	45%	-.06000*	0.01491	0.018	-0.1122	-0.0078

Tabla 53 — Subconjuntos homogéneos para la densidad seca

Adición	N	Subconjunto para alfa = 0.05				
		1	2	3	4	5
60%	3	2.0300				
45%	3		2.0900			
30%	3		2.1233			
25%	3			2.2067		
20%	3			2.2367	2.2367	
10%	3				2.2733	2.2733
15%	3				2.2767	2.2767
0%	3					2.2967
5%	3					2.3000
Sig.		1.000	0.425	0.554	0.221	0.688

La tabla 53 muestra los subconjuntos homogéneos de los resultados de las densidades secas, donde el subconjunto conformado por el grupo experimental 2 (G_2) es superior a los demás grupos experimentales.

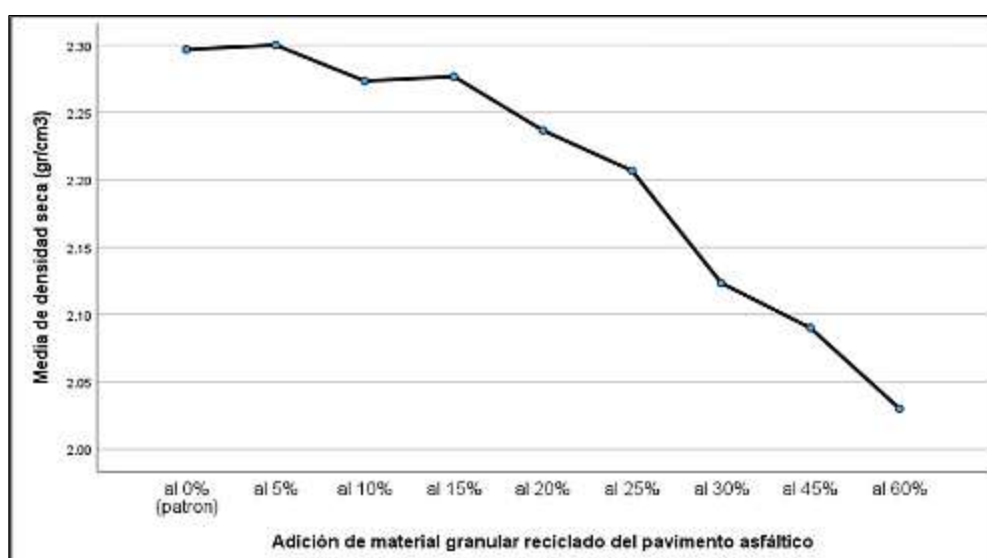


Figura 22 — Grafico de medias de las densidades secas

La figura 22 muestra que la media de densidad seca con adición del 5 % de material granular reciclado del pavimento asfáltico perteneciente al grupo experimental 2 (G_2), tiene el mayor valor de densidad seca con respecto al patrón y los demás grupos experimentales.

- **Paso 6: Contrastación**

De la prueba de análisis de varianza se aceptó la hipótesis alterna y podemos concluir que, existe diferencia entre las medias de las densidades secas del afirmado, adicionando material granular reciclado del pavimento asfáltico al 0 %, 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 30 %, 45 % y 60 %.

De la tabla 53 se evidencia que, la densidad seca del grupo experimental 2 (G_2) es superior a los demás grupos experimentales, incrementando su valor de manera mínima, respecto a la muestra patrón. Podemos concluir que la adición del material reciclado del pavimento asfáltico influye en la disminución de densidad seca. También se puede apreciar que, al adicionar el material reciclado del pavimento asfáltico, disminuye la densidad seca.

5.3 Discusión

5.3.1 Respecto al CBR

Acorde los resultados de la investigación respecto al CBR, se concluyó que la adición del pavimento asfáltico reciclado incrementa considerablemente el porcentaje de CBR, logrando incrementar en todas las dosificaciones planteadas. Al 100 % de su densidad seca máxima y para una penetración de carga de 0.1", se visualizó que, la media de CBR patrón o cantera es de 42.83 %, adicionando el 5 % de RAP tiene una media de CBR de 89.09 %, con la adición del 10 % de RAP tiene una media de CBR de 95.91 %, con adición del 15 % de RAP tiene una media de CBR de 78.24 %, con adición del 20 % de RAP se tiene una media de CBR de 85.15 %, con adición del 25 % de RAP tiene una media de CBR de 76.38 %, con adición del 30 % de RAP tiene una media de CBR de 62.83 %, con adición del 45 % de RAP tiene una media de CBR de 55.4 % y con la adición del 60 % de RAP tiene una media de CBR de 46.45 %. Según lo establecido por el MTC, puede ser utilizado como material para un afirmado cuando tengan un mínimo de CBR del 40 % (indicado en la tabla 3). Teniendo los resultados de cada grupo experimental podemos mencionar que a nivel de CBR, se puede utilizar cualquiera de las dosificaciones planteadas para su uso como afirmado, en vista de que superamos los requisitos mínimos establecidas por el MTC.

Según López Mancheno y Paredes Montero (2020) en su tesis “Reutilización de hormigón asfáltico procedente de proyectos de recapeo para su uso como base y subbase en pavimentos flexibles”, donde determino los siguientes resultados a



nivel de CBR, entre la mezcla de 7 cm de carpeta asfáltica y 9 cm de base granular (42.31 % de RAP), tiene una media de 39.40 % de CBR. Entre la mezcla de 7 cm de carpeta asfáltica y 13 cm de base granular (33.68 % de RAP), tiene una media de 50.50 % de CBR, donde concluye que, pueden ser utilizados como subbase para pavimentos flexible y mientras contenga menos porcentaje de RAP, existirá mayores ventajas en las propiedades físico mecánicas del material resultante.

Se visualiza que para la adición de RAP del 42.31 %, alcanza una media de CBR de 39.40 %, en la presente investigación con adición del 45 % de RAP se alcanzó una media de CBR de 55.40 %. Para la adición de RAP del 33.68 %, alcanza una media de CBR de 50.50 % en la presente investigación con adición del 30 % de RAP se alcanzó una media de CBR de 62.83 %, la diferencia de porcentajes de CBR es por múltiples factores como el porcentaje de adición de RAP (no son iguales), las propiedades del RAP son diferentes (teniendo en cuenta que cada pavimento asfáltico tiene diferente desgaste por el cual las propiedades difieren) y propiedades del material de base o cantera.

5.3.2 Respecto al contenido de humedad óptimo

Acorde a los resultados de la investigación respecto al contenido de humedad óptimo, se concluyó que la adición del pavimento asfáltico reciclado disminuye el porcentaje de contenido de humedad óptimo, se visualizó que, la media del contenido de humedad óptimo del patrón o cantera es de 6.20 %, adicionando el 5 % de RAP tiene una media de 6.12 %, con la adición del 10 % de RAP tiene una media de 6.24 %, con adición del 15 % de RAP tiene una media de 6.25 %, con adición del 20 % de RAP tiene una media de 6.31 %, con adición del 25 % de RAP tiene una media de 5.96 %, con adición del 30 % de RAP tiene una media de 5.72 %, con adición del 45 % de RAP tiene una media de 5.41 %, y con la adición del 60 % de RAP tiene una media de 5.21 %.

Según López Mancheno y Paredes Montero (2020) en su tesis “Reutilización de hormigón asfáltico procedente de proyectos de recapeo para su uso como base y subbase en pavimentos flexibles”, donde determino los siguientes resultados con respecto al óptimo contenido de humedad, entre la mezcla de 7 cm de carpeta asfáltica y 9 cm de base granular (42.31 % de RAP), obtiene una media de 10.20 % de óptimo contenido de humedad. Entre la mezcla de 7 cm de carpeta asfáltica



y 13 cm de base granular (33.68 % de RAP), obtiene una media de 10.50 % de contenido de humedad óptimo.

Se visualiza que para la adición de RAP del 42.31 %, alcanza una media de contenido de humedad óptimo de 10.20 %, en la investigación con el incremento del 45 % de RAP se alcanzó una media de 5.41 %. Para la adición de RAP del 33.68 %, alcanza una media de 10.50 % en la presente investigación con adición del 30 % de RAP se alcanzó una media de 5.72 %, la diferencia de porcentajes de contenido de humedad óptimo es debido a dosificación de RAP planteadas (los porcentajes de adición son diferentes), las propiedades del RAP y las propiedades del material base o cantera, teniendo en cuenta que el contenido de humedad óptimo es el porcentaje de humedad que debe contener un material para alcanzar su máxima densidad seca.

5.3.3 Respecto a la densidad seca

Acorde a los resultados de la investigación respecto a la densidad seca, se concluyó que la adición del pavimento asfáltico reciclado disminuye la densidad seca, se visualizó que, la media de la densidad seca patrón es 2.30 gr/cm^3 , adicionando 5 % de RAP tiene una media de 2.30 gr/cm^3 , adicionando 10 % de RAP tiene una media de 2.27 gr/cm^3 , adicionando 15 % de RAP tiene una media de 2.28 gr/cm^3 , adicionando 20 % de RAP tiene una media de 2.24 gr/cm^3 , adicionando 25 % de RAP tiene una media de 2.21 gr/cm^3 , adicionando 30 % de RAP tiene una media de 2.12 gr/cm^3 , adicionando 45 % de RAP tiene una media de 2.09 gr/cm^3 , y adicionando 60 % de RAP tiene una media de 2.03 gr/cm^3 .

Según López Mancheno y Paredes Montero (2020) en su tesis “Reutilización de hormigón asfáltico procedente de proyectos de recapeo para su uso como base y subbase en pavimentos flexibles”, donde determinó que la densidad seca, entre la mezcla de 7 cm de carpeta asfáltica y 9 cm de base granular (42.31 % de RAP), tiene una media de 2.01 gr/cm^3 . Entre la mezcla de 7 cm de carpeta asfáltica y 13 cm de base granular (33.68 % de RAP), tiene una media de 1.97 gr/cm^3 .

Se visualiza que, para la adición de RAP del 42.31 %, alcanza una media de densidad seca 2.01 gr/cm^3 , en la presente investigación con adición del 45 % de RAP se alcanzó una media de 2.09 gr/cm^3 . Para la adición de RAP del 33.68 %, alcanza una media de 1.97 gr/cm^3 en la presente investigación con adición del 30 % de RAP se alcanzó una media de 2.12 gr/cm^3 , la diferencia de medias entre



las dos investigaciones en por las dosificaciones de RAP planteadas y las propiedades del material de base o cantera.

5.3.4 Respecto a la dosificación óptima

En base a los resultados determinados en la investigación la dosificación que mejor aporta a las propiedades físico mecánicas del afirmado es del grupo experimental 3 (G₃), que tiene una adición del 10 % de pavimento asfáltico reciclado, obteniendo una media de 95.91 % de CBR, con una media de 6.24 % de contenido de humedad óptimo y una media de 2.27 gr/cm³ de la densidad seca.

Según Buitrago García (2022) en su tesis “Revisión de literatura sobre el uso de asfalto flexible reciclado (RAP) como alternativa para la pavimentación de vías terciarias y el efecto económico en la construcción y mantenimiento de la vía”, donde concluye que es recomendable la reutilización del RAP en las mezclas usadas para la carpeta de rodadura en vías con bajo y medio volumen de tránsito, la dosificación dependerá de la importancia de la vía. Para el país de Colombia es factible tomar del 1 al 60 % de incremento de RAP, siendo el más favorable y recomendado el 30 %.

Según el MTC (2013c), una buena capa superficial de afirmado tiene que estar constituido principalmente de piedra, arena y finos o arcilla. Deberá tener una proporción de arcilla para llenar los vacíos y que actúe como ligante, obteniendo así un material de buena estabilidad, evitando el levantamiento de partículas del afirmado y minimizando el desgaste de neumáticos, el material será económico.

Comparando la recomendación establecida por Buitrago García (2022) con los resultados de la investigación mencionamos que es posible incrementar hasta el 60 % de RAP para el mejoramiento de las propiedades del afirmado, pero la dosificación óptima depende mucho del tipo de material de cantera o base utilizado y como también de las propiedades de RAP. Para materiales del mismo tipo de propiedades a la estudiada en la presente investigación es recomendable utilizar el 10 % de adición, debido a que, si se utiliza porcentajes superiores granulométricamente se tiende a alejarse de los límites granulométricos establecido por la normativa del MTC.



CAPÍTULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

- La presente investigación determinó que la reutilización del material granular del pavimento asfáltico mejora las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646, incrementado significativamente el CBR y óptimo contenido de humedad, en los ensayos de limite líquido, limite plástico y equivalente de arena no tiene influencia debido a que el material adicionado fue granular.
- Se determinó que la adición del pavimento asfáltico reciclado (RAP), incrementa el CBR para todas las dosificaciones analizadas en esta investigación, logrando un incremento máximo de 123.93 % en comparación con el CBR del afirmado patrón. La media del porcentaje de CBR del afirmado patrón es de 42.83 %, adicionando el 5 % de RAP alcanza el valor de 89.09 %, adicionando el 10 % de RAP alcanza el valor de 95.91 %, adicionando el 15 % de RAP alcanza el valor de 78.24 %, adicionando el 20 % de RAP alcanza el valor de 85.15 %, adicionando el 25 % de RAP alcanza el valor de 76.38 %, adicionando el 30 % de RAP alcanza el valor de 62.83 %, adicionando el 45 % de RAP alcanza el valor de 55.40 % y adicionando el 60 % de RAP alcanza el valor de 46.45 %. Los resultados mencionados del porcentaje de CBR es al 100 % de su máxima densidad seca y para una penetración de carga de 0.1", lo que nos indica que los resultados son confiables ya que, se realizó siguiendo los procedimientos descritos en la normativa MTC E 132.
- Se determinó que la adición de pavimento asfáltico reciclado (RAP), incrementa el porcentaje de óptimo contenido de humedad, logrando incrementar hasta 1.77 % su valor con respecto al afirmado patrón, con adiciones superiores al 20 % de RAP el porcentaje de óptimo contenido de humedad es inferior al afirmado patrón. La media del porcentaje de óptimo contenido de humedad del afirmado patrón es de 6.20 %, adicionando el 5 % de RAP alcanza el valor de 6.12 %, adicionando el 10 % de RAP alcanza el valor de 6.24 %, adicionando el 15 % de RAP alcanza el valor de 6.25 %,



adicionando el 20 % de RAP alcanza el valor de 6.31 %, adicionando el 25 % de RAP alcanza el valor de 5.96 %, adicionando el 30 % de RAP alcanza el valor de 5.72 %, adicionando el 45 % de RAP alcanza el valor de 5.41 % y adicionando el 60 % de RAP alcanza el valor de 5.21 %. Los resultados mencionados son de carácter confiable porque, se realizó siguiendo los procedimientos descritos en la normativa MTC E 115.

- Se determinó que la adición del pavimento asfáltico reciclado (RAP), disminuye el valor de la densidad seca con respecto al afirmado patrón. La media de la densidad seca del afirmado patrón es de 2.30 gr/cm^3 , adicionando el 5 % de RAP alcanza un valor de 2.30 gr/cm^3 , adicionando el 10 % de RAP alcanza el valor de 2.27 gr/cm^3 , adicionando el 15 % de RAP alcanza el valor de 2.28 gr/cm^3 , adicionando el 20 % de RAP alcanza el valor de 2.24 gr/cm^3 , adicionando el 25 % de RAP alcanza el valor de 2.21 gr/cm^3 , adicionando el 30 % de RAP alcanza el valor de 2.12 gr/cm^3 , adicionando el 45 % de RAP alcanza el valor de 2.09 gr/cm^3 y adicionando el 60 % de RAP alcanza el valor de 2.03 gr/cm^3 . Los resultados mencionados son de carácter confiable porque, se realizó siguiendo los procedimientos especificados en la normativa MTC E 132.
- Se determinó que, para las dosificaciones estudiadas en la investigación la adición del 10 % de pavimento asfáltico reciclado (RAP), es la dosificación óptima que mejor aporta a las propiedades físico mecánicas del afirmado patrón, teniendo en cuenta que, a medida que se incrementa la adición del RAP, a partir del 10 % empieza a disminuir el porcentaje de CBR y como también va disminuyendo en las demás propiedades. La media del porcentaje de CBR del afirmado patrón tiene un valor de 42.83 % y con la adición del 10 % de RAP tiene un valor de 95.91 %, incrementando su valor en un 123.93 %. El contenido de humedad óptimo del afirmado patrón es 6.20 % con la adición del 10 % de RAP tiene un valor de 6.24 %, incrementando su valor en un 0.65 % y la densidad seca máxima del afirmado patrón es de 2.30 gr/cm^3 con adición del 10 % de RAP tiene un valor de 2.27 gr/cm^3 , disminuye en un 1.30 %.

6.2 Recomendaciones

- Se recomienda determinar la influencia del pavimento asfáltico reciclado en las propiedades del afirmado en diferentes canteras que reúnan las condiciones para su uso carreteras, utilizando dosificaciones que no fueron tomados en cuenta en esta investigación.
- Para obtener resultados confiables en el ensayo de CBR, se recomienda verificar el correcto funcionamiento de los equipos a utilizar para los ensayos en laboratorio.



- Para evitar errores técnicos que puedan interferir en los resultados de óptimo contenido de humedad, se recomienda realizar los ensayos en laboratorio teniendo en cuenta la temperatura ambiente adecuada.
- Para evitar errores técnicos que puedan interferir en los resultados de la densidad seca, se recomienda realizar acorde a los procedimientos descritos y recomendados en las normativas correspondientes vigentes.
- Se recomienda evaluar las propiedades del material de cantera para su aplicación, como también evaluar las propiedades de pavimento asfáltico reciclado teniendo en cuenta que, no todas las vías tienen el mismo desgaste, los cuales podrían variar las dosificaciones.



REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BERJARANO BENITES, V.W., 2020.** *Aplicación de pavimentos flexibles reciclados en la construcción de nuevos pavimentos económicos en el Perú-2020* [en línea]. Trujillo: Universidad Privada del Norte. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/24758>.
- BORJA SUÁREZ, M., 2016.** *Metodología de la Investigación Científica para ingenieros*. Chiclayo: s.n.
- BRAJA M., D., 2013.** *Fundamentos de ingeniería geotécnica*. Cuarta edición. S.l.: s.n. ISBN 9786075193731.
- CAMACHO SALAZAR, P., 2016.** *Evaluación del reciclado de pavimentos asfálticos (RAP) para uso en pavimentos expuestos*. Cartago: Instituto Tecnológico de Costa Rica.
- CASTILLO MARTÍNEZ, H.V., 2016.** *Guía para la recuperación de pavimentos flexibles por el método de reciclado en Colombia*. PAMPLONA: UNIVERSIDAD DE PAMPLONA.
- CORONADO ITURBIDE, J., 2002.** *Manual centroamericano para diseño de pavimentos*. octubre 2002. Guatemala: s.n.
- CRISPÍN PAUCAR, E.J. y HELGUERO CALDERÓN, L.L., 2019.** *Estructura de un pavimento asfáltico en material reciclado para mejorar sus beneficios integrales* [en línea]. Lima: Universidad Ricardo Palma. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/20.500.14138/2781>.
- FONSECA, A.M., 1998.** *INGENIERIA DE PAVIMENTOS PARA CARRETERAS. Ingeniería de pavimentos para carreteras*, vol. 2,
- GUIO VARGAS, E.I. y SÁNCHEZ ABRIL, H.M., 2018.** *Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos* [en línea]. 2018. S.l.: s.n. Disponible en: <https://revistas.udea.edu.co/index.php/materiales/article/view/19627/16684>.
- HERNÁNDEZ SAMPIERI, R., 2014.** *Metodología de la investigación*. Sexta edición. México: s.n. ISBN 9781456223960.
- IECA, 2008.** *Manual de estabilización de suelos con cemento o cal*. 2008. S.l.: Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. ISBN 9788489702233.
- LÓPEZ MANCHENO, P.S. y PAREDES MONTERO, D.K., 2020.** *Reutilización de hormigón asfáltico procedente de proyectos de recapeo para su uso como base y subbase*



en pavimentos flexibles [en línea]. Ecuador: Universidad Católica de Cuenca. Disponible en: <https://dspace.ucacue.edu.ec/handle/ucacue/11636>.

MIRANDA, F. y AGULAR, J., 2019. Mezclas Asfálticas Con RAP: Pavimentos Asfálticos Reciclados. *Boletín Técnico*, vol. 10,

MONTEJO FONSECA, A., 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Segunda edición. Bogotá: s.n. ISBN 9589603629.

MOYA C., R., 2009. *PROBABILIDAD E INFERENCIA ESTADÍSTICA*. Segunda edición. Perú: s.n.

MTC, 2013a. *Especificaciones técnicas generales para la construcción*. junio 2013. Lima: s.n.

MTC, 2013b. *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. junio 2013. Lima: 2013.

MTC, 2013c. *Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos* [en línea]. febrero 2013. S.l.: s.n. Disponible en: www.mtc.gob.pe.

MTC, 2016. *Manual de ensayo y materiales*. junio 2016. S.l.: s.n.

NTP 339.135, 1999. Método de clasificación de suelos con propósitos de ingeniería, SUCS.,

PACCORI MORI, F.L., 2018. *Propuesta técnica de aplicación del pavimento flexible reciclado para rehabilitación vial - Pachacamac* [en línea]. Lima: Universidad Peruana los Andes. Disponible en: <http://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/804>.

PERÚ CONSTRUYE, 2018. Línea amarilla integradora megaobra vial., Edición 51,

RESTREPO SIERRA, H.A. y STEPHENS ZAPATA, S.A., 2015. *Estudio de las ventajas económicas del reciclaje en frío in situ de pavimentos asfálticos*. S.l.: Universidad de medellín.

ROUT, M.K.D., SAHDEO, S.K., BISWAS, S., ROY, K. y SINHA, A.K., 2023. Feasibility Study of Reclaimed Asphalt Pavements (RAP) as Recycled Aggregates Used in Rigid Pavement Construction. *Materials*, vol. 16, no. 4, ISSN 19961944. DOI 10.3390/ma16041504.

TRIOLA, M.F., 2018. *Estadística 2018*. S.l.: s.n.



VÁSQUEZ RAMÍREZ, A.A., GUANUCHI ORELLANA, L.M., CAHUANA TAPIA, R., VERA TEVES, R. y HOLGADO TISOC, J., 2023. *Métodos de investigación científica*. S.l.: Instituto Universitario de Innovación Ciencia y Tecnología Inudi Perú. ISBN 9786125069849.

VERGARA VICUÑA, A., 2010. *Deterioros en pavimentos flexibles y rígidos*. Valdivia: Universidad Austral de Chile.

VICE, 2019. ¿Qué es un pavimento flexible y cuándo conviene usarlo? [en línea]. [consulta: 19 enero 2023]. Disponible en: <https://blog.vise.com.mx/qu%C3%A9-es-un-pavimento-flexible-y-cu%C3%A1ndo-conviene-usarlo>.



ANEXOS

Anexo A. Matriz de consistencia de la investigación

Anexo B. Resultados de laboratorio

Anexo C. Certificados de calibración

Anexo D. Evidencias fotográficas

Anexo E. Plano de ubicación



Anexo A

Matriz de consistencia



Tabla 54 — Matriz de consistencia de la investigación

Título: Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado, utilizando material granular reciclado del pavimento asfáltico en la carretera AP – 646, del distrito de Abancay – Abancay – Apurímac, 2023																								
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e indicadores	Metodología																				
Problema General: ¿En qué medida la reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?	Objetivo General: Mejorar las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646, mediante la reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico en el distrito de Abancay.	Hipótesis General: La reutilización de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.	<table><tr><th>Dimensión</th><th>Indicadores</th><th>Índices</th></tr><tr><td colspan="3">Variable independiente: Material granular reciclado del pavimento asfáltico.</td></tr><tr><td>% de reutilización</td><td>Aplicación en la muestra</td><td>Porcentaje de aplicación</td></tr><tr><td colspan="3">Variable dependiente: Propiedades físico mecánicas del afirmado.</td></tr><tr><td rowspan="2">Capacidad de soporte</td><td>CBR</td><td>%</td></tr><tr><td>Densidad seca</td><td>gr/cm³</td></tr><tr><td>Proctor modificado</td><td>Optimo contenido de humedad</td><td>%</td></tr></table>	Dimensión	Indicadores	Índices	Variable independiente: Material granular reciclado del pavimento asfáltico.			% de reutilización	Aplicación en la muestra	Porcentaje de aplicación	Variable dependiente: Propiedades físico mecánicas del afirmado.			Capacidad de soporte	CBR	%	Densidad seca	gr/cm³	Proctor modificado	Optimo contenido de humedad	%	Tipo de investigación: Experimental con un enfoque cuantitativo Nivel: Explicativo. Diseño: Experimental La Población: Volumen del material utilizable de la cantera el Gran Chaparral. La Muestra: 27 muestras a evaluar con diferentes porcentajes de pavimento asfáltico reciclado.
Dimensión	Indicadores	Índices																						
Variable independiente: Material granular reciclado del pavimento asfáltico.																								
% de reutilización	Aplicación en la muestra	Porcentaje de aplicación																						
Variable dependiente: Propiedades físico mecánicas del afirmado.																								
Capacidad de soporte	CBR	%																						
	Densidad seca	gr/cm³																						
Proctor modificado	Optimo contenido de humedad	%																						
Problemas Específicos: PE1: ¿En qué medida la adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el CBR del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?	Objetivos Específicos: OE1: Determinar el incremento de CBR con adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.	Hipótesis Específicos: HE1: La adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento de CBR del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.																						

PE2: ¿En qué medida la adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el óptimo contenido de humedad del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay? PE3: ¿En qué medida la adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en la densidad seca del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay? PE4: ¿Cuál es la dosificación optima con adición de material granular reciclado del pavimento asfáltico para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay?	OE2: - Determinar el incremento del optimo contenido de humedad con adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay. OE3: - Determinar el incremento de la densidad seca con adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay. OE4: - Determinar la dosificación optima con adición de material granular reciclado del pavimento asfáltico para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.	HE2: - La adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento del optimo contenido de humedad del afirmado utilizado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay. HE3: - La adición de diversos porcentajes de material granular reciclado del pavimento asfáltico influye en el incremento en la densidad seca del material utilizado como afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay. HE4: - Con los ensayos de materiales en laboratorio se determina la dosificación optima de adición de material reciclado del pavimento asfáltico reciclado para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas del afirmado para la carretera AP – 646 del distrito de Abancay.		
--	--	---	--	--

Anexo B

Resultados de laboratorio



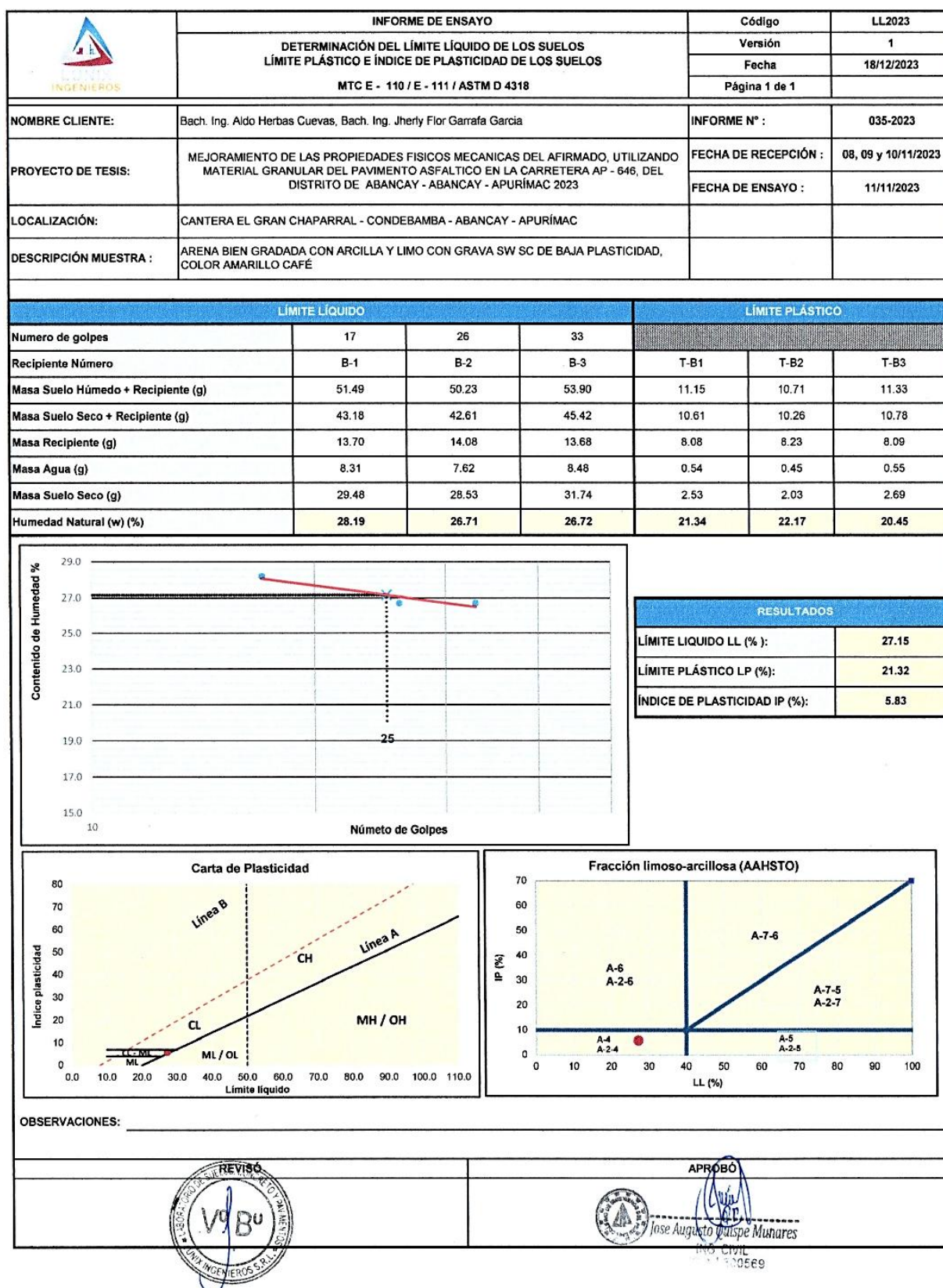


Figura 23 — Resultados de límite líquido y límite plástico de la muestra patrón

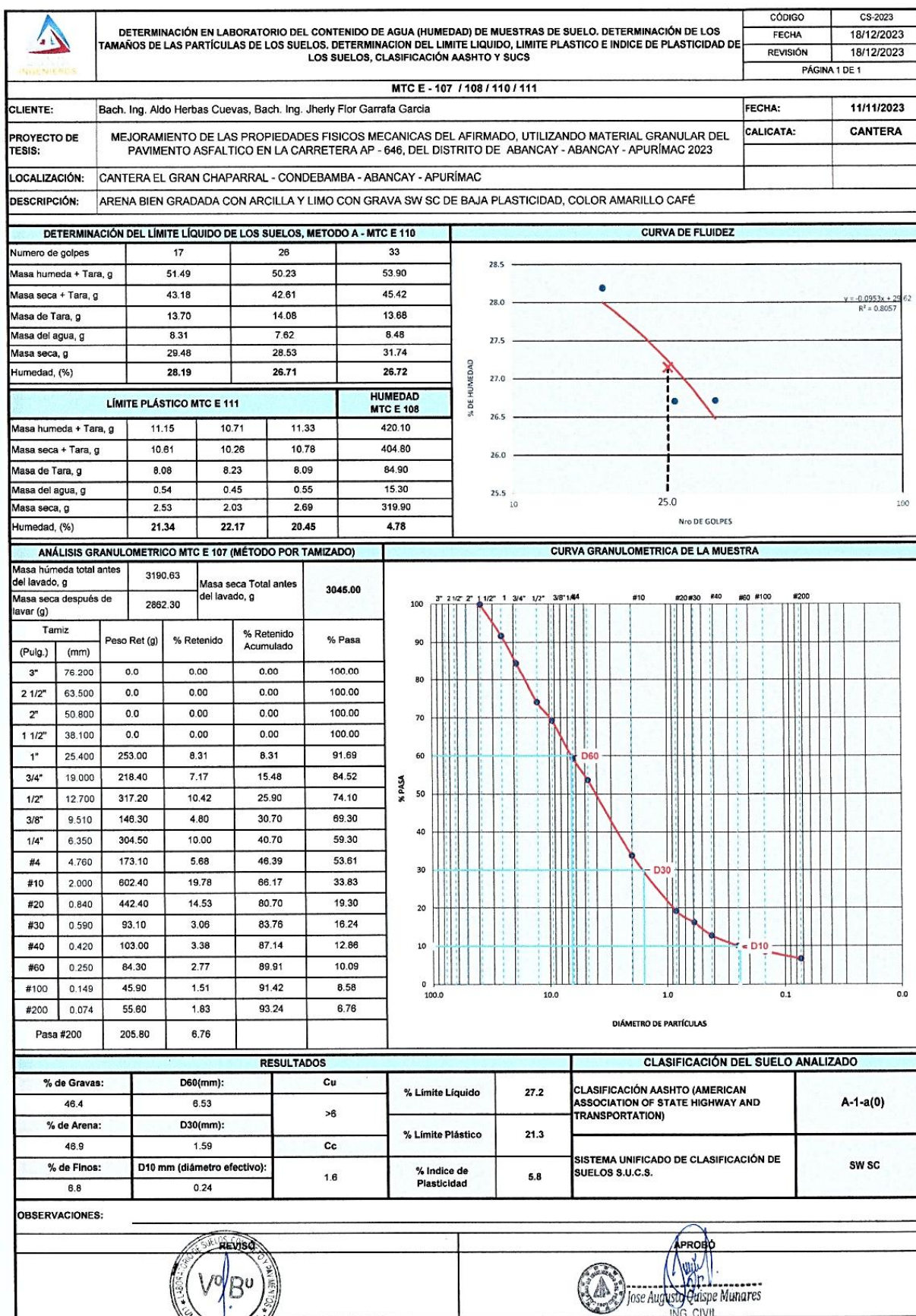


Figura 24 — Resultado de análisis granulométrico de la muestra patrón

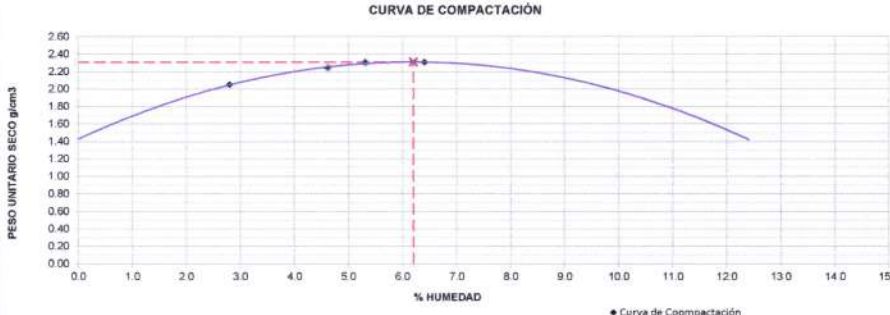
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Version	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023																
						Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No.	035-2023																	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	11/11/2023																	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M1																	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	0 % - PATRÓN																	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10320	10830	11010	11060																		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4480	4990	5170	5220																		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4																		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	231.93	234.72	194.13	217.72																		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	226.49	225.93	186.13	206.77																		
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90																		
MASA DEL AGUA	g	5.44	8.79	8.00	10.95																		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	194.06	190.30	150.57	170.87																		
% de HUMEDAD	%	2.80	4.62	5.31	6.41																		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES																							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.11	2.35	2.43	2.45																		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.05	2.24	2.31	2.31																		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	20.09	21.99	22.63	22.62																		
	lb/ft ³	127.90	139.99	144.09	143.98																		
					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.31</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.65</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.20</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>			PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.31	g/cm ³	22.65	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.20		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																							
2.31	g/cm ³																						
22.65	kN/m ³																						
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																							
6.20																							
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																							
NO REQUIERE	kN/m ³																						
NO REQUIERE	kg/m ³																						
OBSERVACIONES:																							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																							
REVISÓ				APROBÓ																			
				  JOSÉ AUGUSTO CUSPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																			

Figura 25 — Resultado proctor modificado grupo experimental 1 (G₁) muestra M₁₁

		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023							
						Versión	1							
						Fecha	18/12/2023							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García				INFORME No. :	035-2023								
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	11/11/2023								
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC				MUESTRA:	M1								
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	0 % - PATRÓN								
COMPACTACIÓN														
Molde N°	9		8		7									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12190.00	12340.00	11880.00	12160.00	11870.00	12190.00								
Peso de molde (g)	7200.00	7200.00	7250.00	7250.00	7470.00	7470.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4990.00	5140.00	4630.00	4910.00	4400.00	4720.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.345	2.42	2.176	2.31	2.068	2.22								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	131.04	144.12	210.59	275.70	159.80	391.17								
Peso suelo seco + tara (g)	128.22	134.19	205.15	254.27	157.79	359.37								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	2.82	9.93	5.44	21.43	2.01	31.80								
Peso de suelo seco (g)	95.82	98.97	166.95	217.47	120.39	324.57								
Contenido de humedad (%)	2.94	10.03	3.26	9.85	1.67	9.80								
Densidad seca (g/cm³)	2.28	2.20	2.11	2.10	2.03	2.02								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
11/11/23	17:20	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
12/11/23	17:20	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0	8	0.080	0.1			
13/11/23	17:20	48.00	8	0.080	0.1	9	0.090	0.1	12	0.120	0.1			
14/11/23	17:20	72.00	13	0.130	0.1	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1			
15/11/23	17:20	96.00	16	0.160	0.1	17	0.170	0.1	21	0.210	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm²												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		70	23.33	23.33		92	30.67	30.67		30	10.00	10.00	
1.270	0.050		246	82.00	82.00		258	86.00	86.00		122	40.67	40.67	
1.905	0.075		636	212.00	212.00		452	150.67	150.67		228	76.00	76.00	
2.540	0.100	70.455	1100	366.67	366.67	36.67	592	197.33	197.33	19.73	322	107.33	107.33	
3.175	0.125		1492	497.33	497.33		690	230.00	230.00		390	130.00	130.00	
3.810	0.150		1808	602.67	602.67		788	262.67	262.67		452	150.67	150.67	
4.445	0.175		2076	692.00	692.00		858	286.00	286.00		508	169.33	169.33	
5.080	0.200	105.680	2322	774.00	774.00	51.60	936	312.00	312.00	20.80	556	185.33	185.33	
7.620	0.300		2932	977.33	977.33		1222	407.33	407.33		716	238.67	238.67	
10.160	0.400		3216	1072.00	1072.00		1488	496.00	496.00		838	279.33	279.33	
12.700	0.500		3476	1158.67	1158.67		1728	576.00	576.00		966	322.00	322.00	
OBSERVACIONES:														
  APROBÓ JOSE AUGUSTO QUISEP MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 26 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G₁) muestra M₁₁ 1 de 2

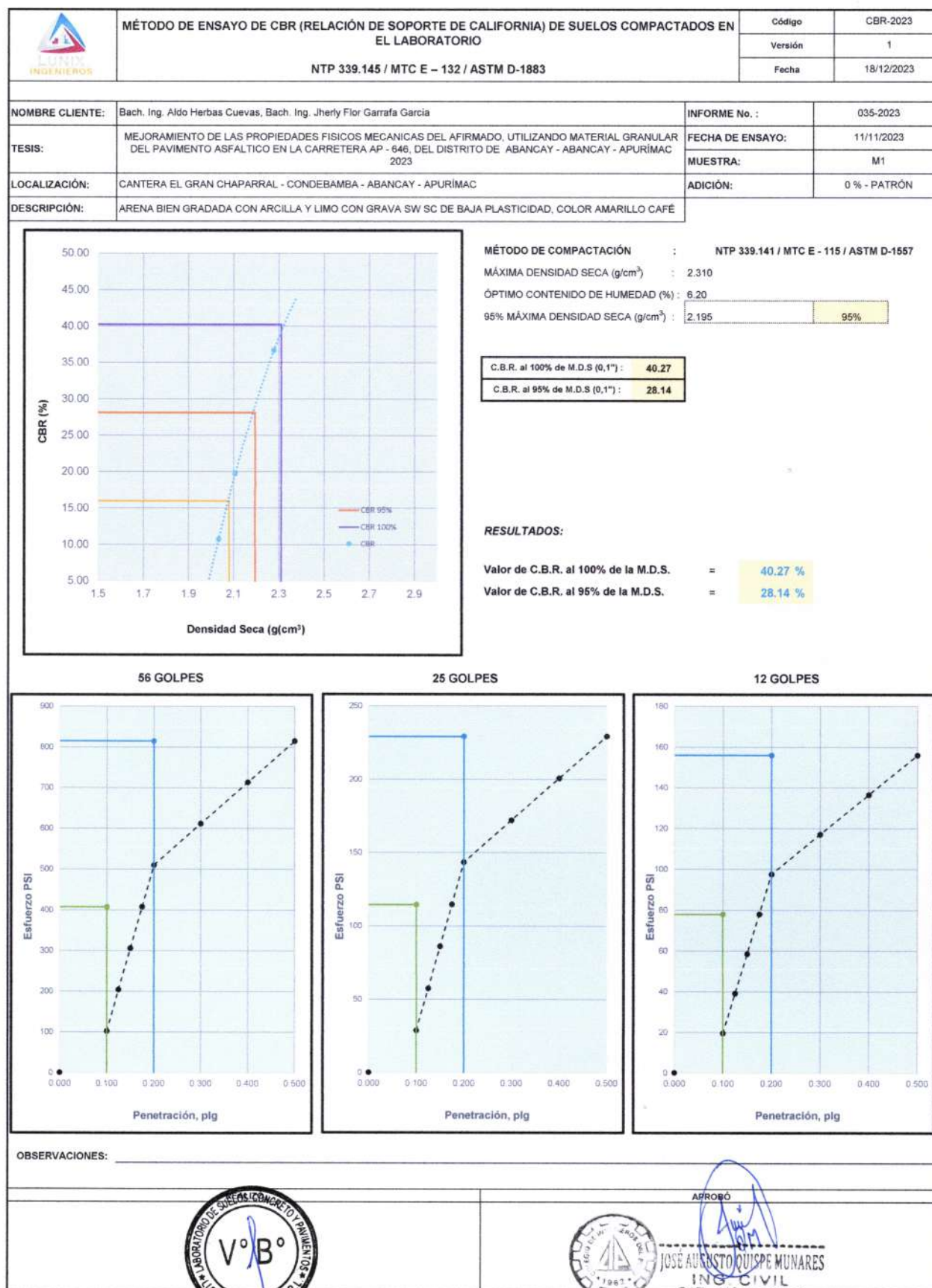


Figura 27 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G₁) muestra M₁₁ 2 de 2

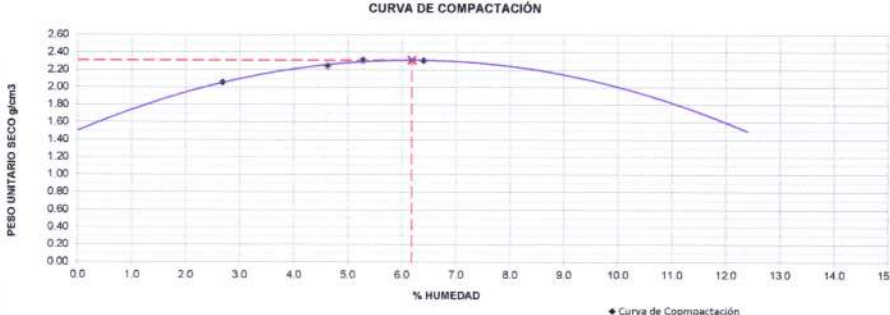
	INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
	RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
	NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
					Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	23/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M2
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	0 % - PATRÓN
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:	C
PRUEBA	Und	1	2	3	4	
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25	
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1	
VOLUMEN MOLDE	cm³	2127	2127	2127	2127	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10323	10835	11015	11058	
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840	
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4483	4995	5175	5218	
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	231.10	232.39	193.45	218.36	
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	226.01	223.68	185.61	207.53	
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30	
MASA DEL AGUA	g	5.09	8.71	7.84	10.83	
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	189.81	188.28	148.61	189.23	
% de HUMEDAD	%	2.68	4.63	5.28	6.40	
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES						
DENSIDAD HUMEDA	g/cm³	2.11	2.35	2.43	2.45	
DENSIDAD SECA	g/cm³	2.05	2.24	2.31	2.31	
PESO UNITARIO SECO	kN/m³	20.13	22.01	22.66	22.61	
	lb/ft³	128.14	140.12	144.28	143.94	
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.31 g/cm³ 22.66 kN/m³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.18 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m³ NO REQUIERE kg/m³
OBSERVACIONES:						
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.						
				APROBO  JOSÉ AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569		

Figura 28 — Resultado proctor modificado grupo experimental 1 (G₁) muestra M₂₁

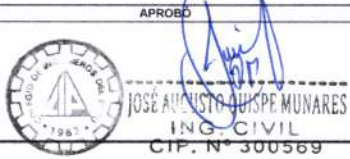
 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023										
		Versión	1										
		Fecha	18/12/2023										
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023									
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	23/11/2023									
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M2									
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE		ADICIÓN:	0 % - PATRÓN									
COMPACTACIÓN													
Molde N°	9		8										
Capas N°	5		5										
Golpes por Capa N°	56		25										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO									
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12280.00	12340.00	11890.00	12160.00									
Peso de molde (g)	7200.00	7200.00	7250.00	7250.00									
Peso del Suelo húmedo (g)	5080.00	5140.00	4640.00	4910.00									
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00									
Densidad húmeda (g/cm³)	2.387	2.42	2.180	2.31									
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10									
Peso suelo húmedo + tara (g)	133.27	141.60	209.29	271.54									
Peso suelo seco + tara (g)	130.27	130.60	204.29	249.54									
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74									
Peso de agua (g)	3.00	11.00	5.00	22.00									
Peso de suelo seco (g)	95.57	97.10	166.49	216.80									
Contenido de humedad (%)	3.14	11.33	3.00	10.15									
Densidad seca (g/cm³)	2.31	2.17	2.12	2.09									
EXPANSIÓN													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
				mm	%		mm	%		mm	%		
23/11/23	15:40	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0		
24/11/23	15:40	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0	8	0.080	0.1		
25/11/23	15:40	48.00	10	0.100	0.1	9	0.090	0.1	15	0.150	0.1		
26/11/23	15:40	72.00	13	0.130	0.1	13	0.130	0.1	17	0.170	0.1		
27/11/23	15:40	96.00	16	0.160	0.1	17	0.170	0.1	21	0.210	0.2		
PENETRACIÓN													
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00
0.635	0.025		68	22.67	22.67		92	30.67	30.67		30	10.00	10.00
1.270	0.050		236	78.67	78.67		258	86.00	86.00		122	40.67	40.67
1.905	0.075		640	213.33	213.33		452	150.67	150.67		228	76.00	76.00
2.540	0.100	70.455	1230	410.00	410.00	41.00	592	197.33	197.33	19.73	322	107.33	107.33
3.175	0.125		1510	503.33	503.33		690	230.00	230.00		390	130.00	130.00
3.810	0.150		1920	640.00	640.00		788	262.67	262.67		452	150.67	150.67
4.445	0.175		2080	693.33	693.33		858	286.00	286.00		508	169.33	169.33
5.080	0.200	105.680	2340	780.00	780.00	52.00	936	312.00	312.00	20.80	556	185.33	185.33
7.620	0.300		2958	986.00	986.00		1222	407.33	407.33		716	238.67	238.67
10.160	0.400		3240	1080.00	1080.00		1488	496.00	496.00		838	279.33	279.33
12.700	0.500		3480	1160.00	1160.00		1728	576.00	576.00		966	322.00	322.00
OBSERVACIONES:													
 													

Figura 29 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G₁) muestra M₂₁ 1 de 2

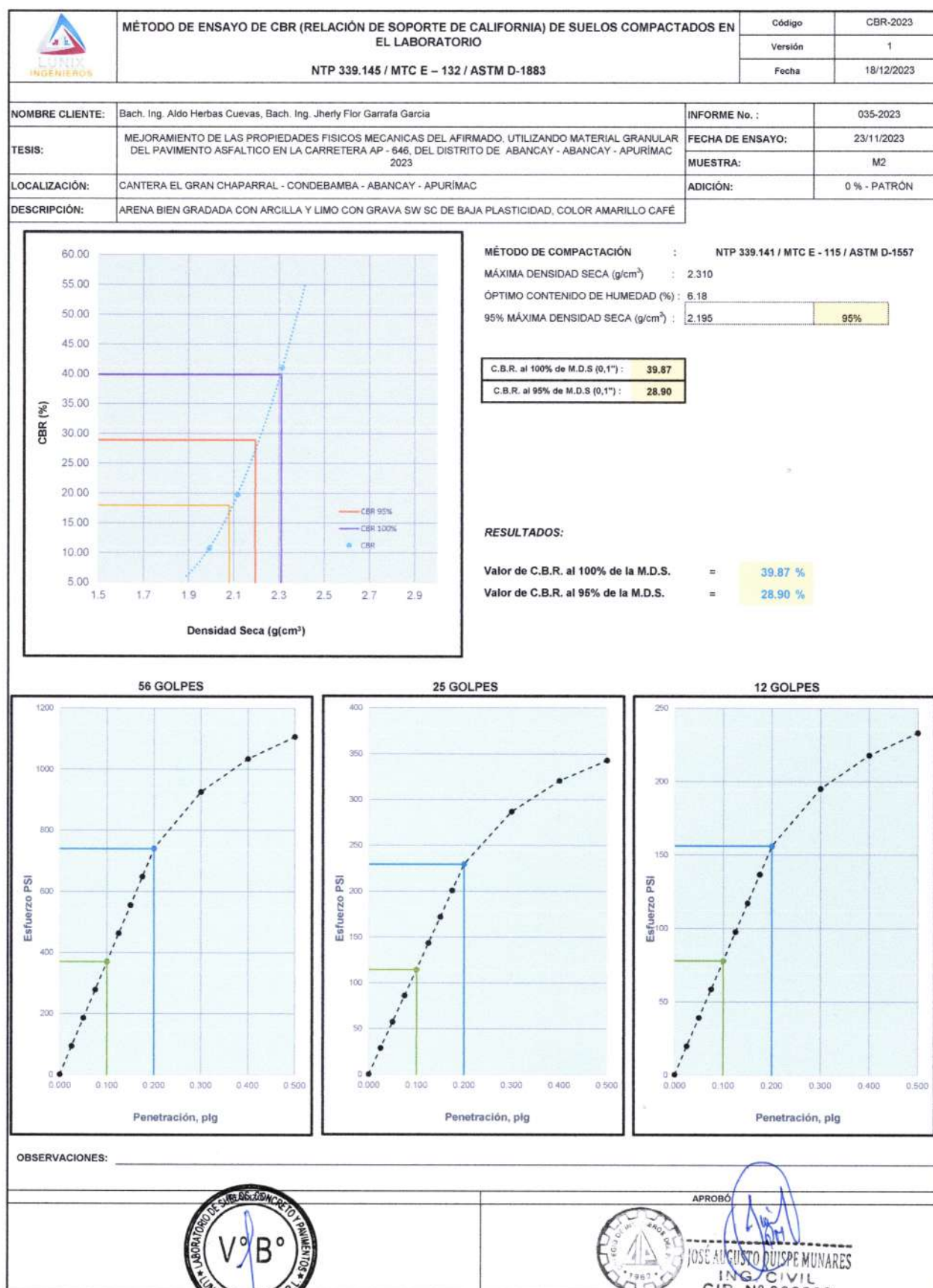


Figura 30 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G₁) muestra M₂₁ 2 de 2

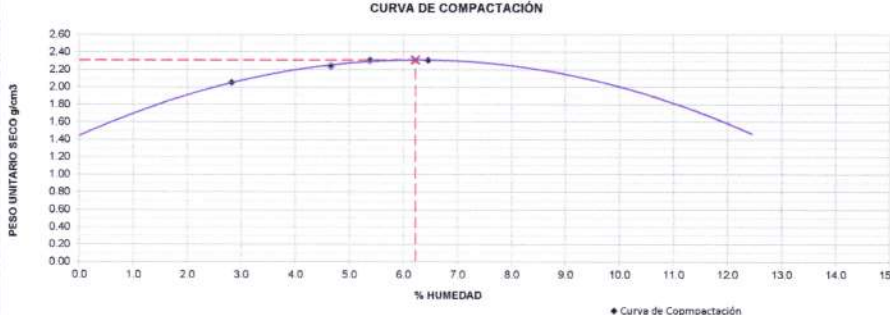
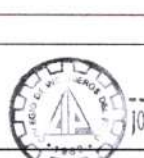
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023				
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1				
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023				
				Página 1 de 1					
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No.	035-2023				
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 846, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023				
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M3				
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	0 % - PATRÓN				
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C				
PRUEBA	Und	1	2	3	4				
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000				
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25				
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1				
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127				
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10325	10829	11017	11062				
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840				
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4485	4989	5177	5222				
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN									
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12				
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	231.91	234.79	194.24	217.61				
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	226.52	225.83	186.28	206.68				
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34				
MASA DEL AGUA	g	5.39	8.96	7.96	10.93				
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	191.00	192.38	147.88	169.34				
% de HUMEDAD	%	2.82	4.66	5.38	6.45				
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES									
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.11	2.35	2.43	2.46				
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.05	2.24	2.31	2.31				
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	20.11	21.98	22.65	22.62				
	lb/ft ³	128.02	139.91	144.19	143.97				
				PESO UNITARIO SECO MÁXIMO <table border="1"> <tr> <td>2.31</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.65</td> <td>kN/m³</td> </tr> </table>		2.31	g/cm ³	22.65	kN/m ³
2.31	g/cm ³								
22.65	kN/m ³								
				HUMEDAD ÓPTIMA (%) <table border="1"> <tr> <td>6.22</td> </tr> </table>		6.22			
6.22									
				PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO <table border="1"> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </table>		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
NO REQUIERE	kN/m ³								
NO REQUIERE	kg/m ³								
OBSERVACIONES:									
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.									
REVISÓ 			APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUIROPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569						

Figura 31 — Resultado proctor modificado grupo experimental 1 (G₁) muestra M₃₁

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023													
		Versión	1													
		Fecha	18/12/2023													
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023												
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023												
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M3												
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	0 % - PATRÓN												
COMPACTACIÓN																
Molde N°	1		2													
Capas N°	5		5													
Golpes por Capa N°	56		25													
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO												
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12390.00	12450.00	12080.00	12320.00												
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7370.00	7370.00												
Peso del Suelo húmedo (g)	5080.00	5140.00	4710.00	4950.00												
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00												
Densidad húmeda (g/cm³)	2.387	2.42	2.213	2.33												
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16												
Peso suelo húmedo + tara (g)	217.10	251.40	249.70	239.30												
Peso suelo seco + tara (g)	210.60	228.90	242.00	212.20												
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.40												
Peso de agua (g)	6.50	22.50	7.70	27.10												
Peso de suelo seco (g)	173.40	193.60	208.20	178.80												
Contenido de humedad (%)	3.75	11.62	3.70	15.16												
Densidad seca (g/cm³)	2.30	2.16	2.13	2.02												
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%		mm	%					
05/12/23	17:10	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0					
06/12/23	17:10	24.00	1	0.010	0.0	6	0.060	0.1	10	0.100	0.1					
07/12/23	17:10	48.00	7	0.070	0.1	11	0.110	0.1	16	0.160	0.1					
08/12/23	17:10	72.00	11	0.110	0.1	14	0.140	0.1	18	0.180	0.2					
09/12/23	17:10	96.00	15	0.150	0.1	17	0.170	0.1	21	0.210	0.2					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°				1	MOLDE N°				2	MOLDE N°				3
		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00			
0.635	0.025		158	52.67	52.67		96	32.67	32.67		62	20.67	20.67			
1.270	0.050		440	146.67	146.67		274	91.33	91.33		168	56.00	56.00			
1.905	0.075		952	317.33	317.33		592	197.33	197.33		362	120.67	120.67			
2.540	0.100	70.455	1434	478.00	478.00	47.80	890	296.67	296.67	29.67	546	182.00	182.00	18.20		
3.175	0.125		1886	628.67	628.67		1170	390.00	390.00		718	239.33	239.33			
3.810	0.150		2288	762.67	762.67		1420	473.33	473.33		870	290.00	290.00			
4.445	0.175		2558	852.67	852.67		1586	528.67	528.67		974	324.67	324.67			
5.080	0.200	105.680	2790	930.00	930.00	62.00	1730	576.67	576.67	38.44	1062	354.00	354.00	23.60		
7.620	0.300		3502	1167.33	1167.33		2172	724.00	724.00		1332	444.00	444.00			
10.160	0.400		4028	1342.67	1342.67		2498	832.67	832.67		1532	510.67	510.67			
12.700	0.500		4600	1533.33	1533.33		2852	950.67	950.67		1748	582.67	582.67			
OBSERVACIONES:																
  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																

Figura 32 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G₁) muestra M₃₁ 1 de 2

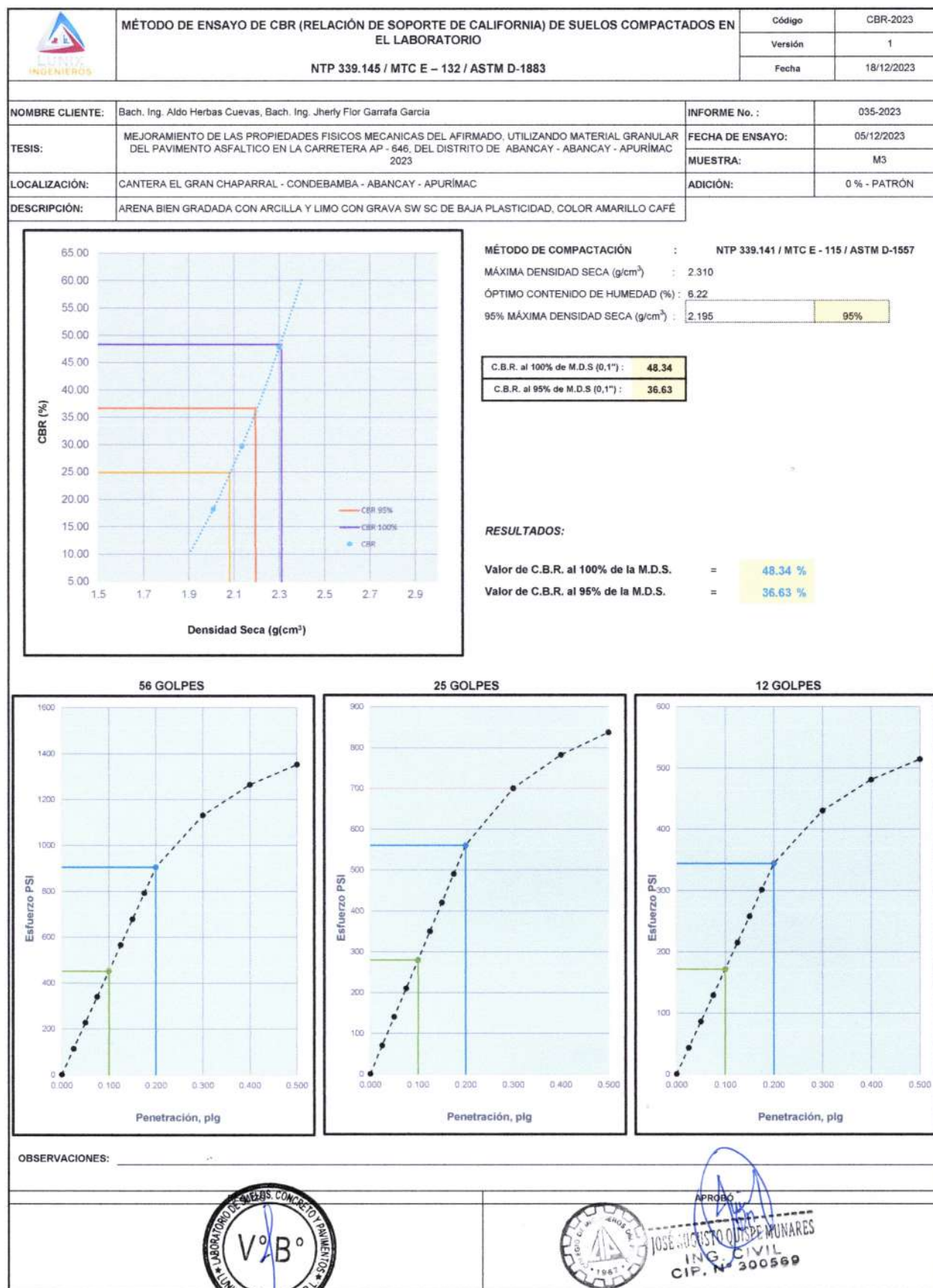


Figura 33 — Resultado CBR grupo experimental 1 (G₁) muestra M₃₁ 2 de 2

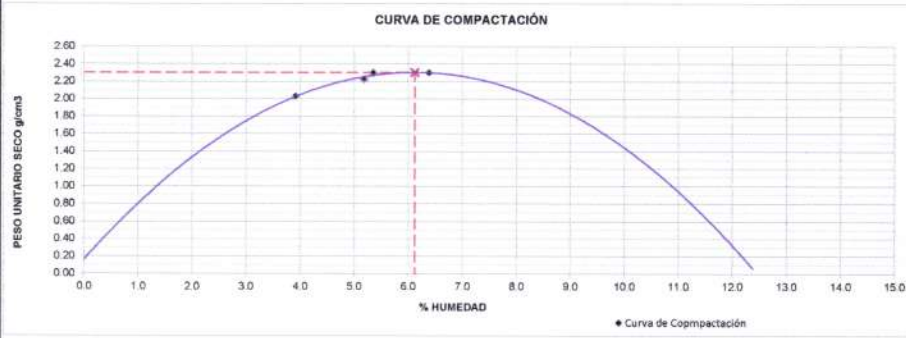
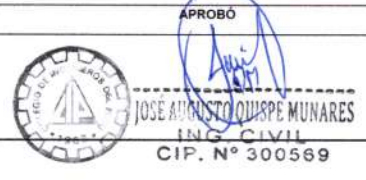
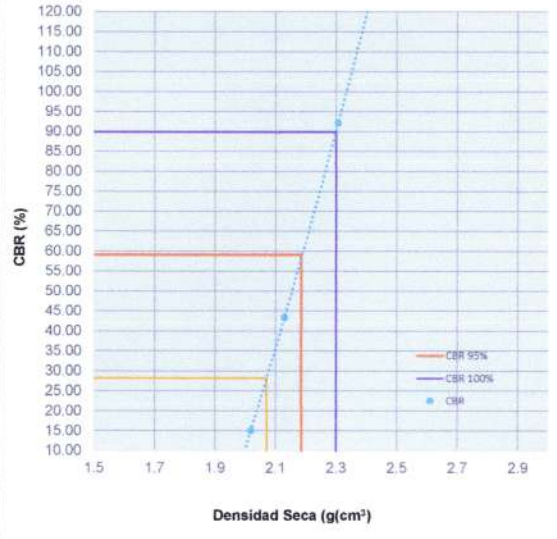
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Version	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M1																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	5 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10320	10820	10990	11040																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4480	4980	5150	5200																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	241.16	232.34	196.15	221.58																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	233.41	222.54	188.14	210.53																
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34																
MASA DEL AGUA	g	7.75	9.80	8.01	11.05																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	197.89	189.09	149.74	173.19																
% de HUMEDAD	%	3.92	5.18	5.35	6.38																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES																					
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.11	2.34	2.42	2.44																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.03	2.23	2.30	2.30																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.88	21.83	22.54	22.54																
	lb/ft ³	126.53	138.96	143.48	143.47																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.30</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.56</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.12</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.30	g/cm ³	22.56	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.12		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.30	g/cm ³																				
22.56	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
6.12																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
REVISÓ 			APROBÓ  JOSE ANTONIO WILSON MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

Figura 34 — Resultado proctor modificado grupo experimental 2 (G₂) muestra M₁₂

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023										
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023										
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M1										
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	5 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	1		2		3									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12390.00	12740.00	12140.00	12290.00	11860.00	12010.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7370.00	7370.00	7330.00	7330.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	5080.00	5430.00	4770.00	4920.00	4530.00	4680.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.387	2.55	2.242	2.31	2.129	2.20								
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18								
Peso suelo húmedo + tara (g)	208.50	194.50	302.90	333.90	255.50	479.50								
Peso suelo seco + tara (g)	200.80	178.60	289.40	305.70	244.00	433.40								
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.40	33.10	38.10								
Peso de agua (g)	5.70	15.90	13.50	28.20	11.50	46.10								
Peso de suelo seco (g)	163.60	143.30	255.60	272.30	210.90	395.30								
Contenido de humedad (%)	3.48	11.10	5.28	10.36	5.45	11.66								
Densidad seca (g/cm³)	2.31	2.30	2.13	2.10	2.02	1.97								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/11/23	16.00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
16/11/23	16.00	24.00	1	0.010	0.0	6	0.060	0.1	9	0.090	0.1			
17/11/23	16.00	48.00	7	0.070	0.1	14	0.140	0.1	15	0.150	0.1			
18/11/23	16.00	72.00	14	0.140	0.1	18	0.180	0.2	17	0.170	0.1			
19/11/23	16.00	96.00	16	0.160	0.1	20	0.200	0.2	22	0.220	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		686	228.67	228.67		396	132.00	132.00		218	72.67	72.67	
1.270	0.050		1476	492.00	492.00		832	277.33	277.33		310	103.33	103.33	
1.905	0.075		2062	687.33	687.33		1096	365.33	365.33		370	123.33	123.33	
2.540	0.100	70.455	2762	920.67	920.67	92.07	1298	432.67	432.67	43.27	450	150.00	150.00	
3.175	0.125		3374	1124.67	1124.67		1486	495.33	495.33		480	160.00	160.00	
3.810	0.150		3896	1298.67	1298.67		1650	550.00	550.00		548	182.67	182.67	
4.445	0.175		4302	1434.00	1434.00		1802	600.67	600.67		600	200.00	200.00	
5.080	0.200	105.680	4662	1554.00	1554.00	103.60	1974	658.00	658.00	43.87	666	222.00	222.00	
7.620	0.300		5460	1820.00	1820.00		2370	790.00	790.00		846	282.00	282.00	
10.160	0.400		5986	1995.33	1995.33		2772	924.00	924.00		1028	342.67	342.67	
12.700	0.500		6322	2107.33	2107.33		3056	1018.67	1018.67		1222	407.33	407.33	
OBSERVACIONES:														
							 APROBO  JOSE AUGUSTO OLGUÍN MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569							

Figura 35 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G₂) muestra M₁₂ 1 de 2

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883	Código	CBR-2023
		Versión	1
		Fecha	18/12/2023
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia	INFORME No. :	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO. UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023	FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC	MUESTRA:	M1
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ	ADICIÓN:	5 % DE RAP



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.300

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.12

95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.185

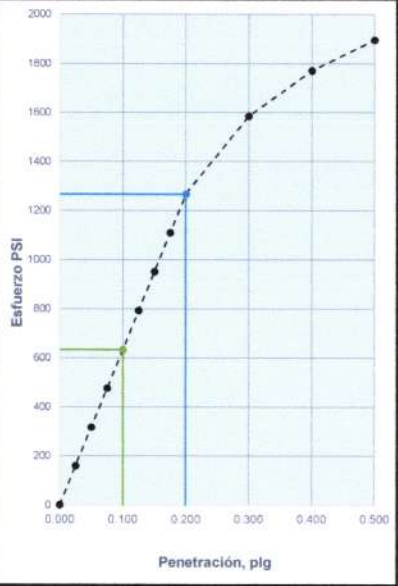
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	89.92
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	59.08

RESULTADOS:

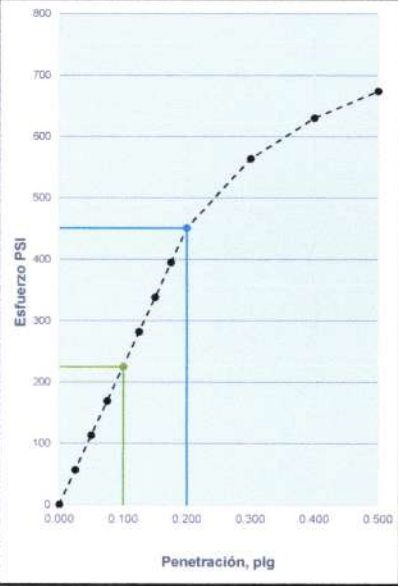
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 89.92 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 59.08 %

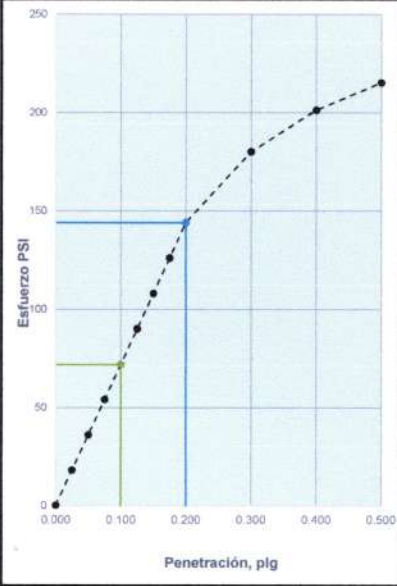
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



OBSERVACIONES: _____



APROBÓ



JOSE AUGUSTO QUISEP MUNARES
ING. CIVIL
CIP. N° 300569

Figura 36 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G₂) muestra M₁₂ 2 de 2

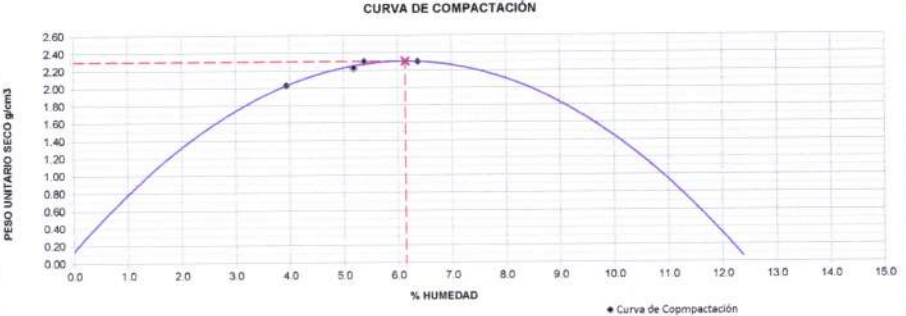
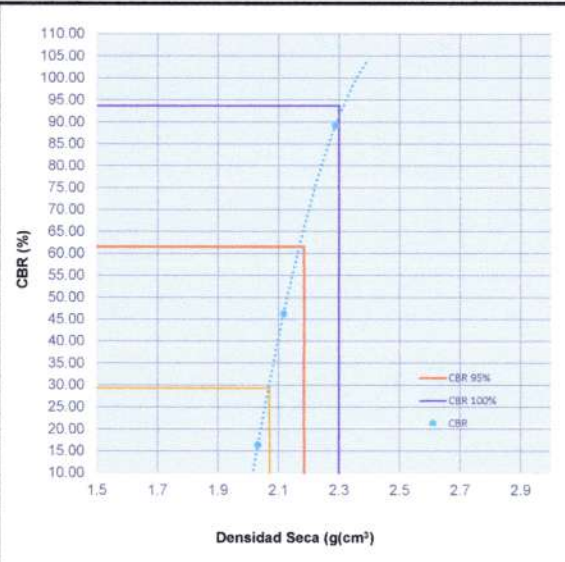
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García					INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023					FECHA DE ENSAYO:	05/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC					MUESTRA:	M2
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ					ADICIÓN:	5 % DE RAP
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS						METODO DE ENSAYO:	
						C	
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10323	10818	10994	11039		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4483	4978	5154	5199		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	241.14	232.39	196.25	221.51		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	233.35	222.58	188.19	210.48		
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34		
MASA DEL AGUA	g	7.79	9.81	8.06	11.03		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	197.83	189.13	149.79	173.14		
% de HUMEDAD	%	3.94	5.19	5.38	6.37		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.11	2.34	2.42	2.44		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.03	2.22	2.30	2.30		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.89	21.82	22.55	22.53		
	lb/ft ³	126.59	138.90	143.55	143.45		
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.30 g/cm ³ 22.56 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.14 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³	
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
REVISÓ 				APROBÓ  JOSÉ AUGUSTO QUISEP MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569			

Figura 37 — Resultado proctor modificado grupo experimental 2 (G₂) muestra M₂₂

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia														
TESES: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				FECHA DE ENSAYO: 05/11/2023										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M2										
				ADICIÓN: 5 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	4		5		6									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12380.00	12570.00	12130.00	12290.00	11780.00	12040.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7400.00	7400.00	7230.00	7230.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	5070.00	5260.00	4730.00	4890.00	4550.00	4810.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.383	2.47	2.223	2.30	2.138	2.26								
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10	C11	C12								
Peso suelo húmedo + tara (g)	194.20	172.80	287.80	327.54	298.50	403.10								
Peso suelo seco + tara (g)	187.90	162.30	275.90	300.84	285.50	364.50								
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74	35.80	36.50								
Peso de agua (g)	6.30	10.50	11.90	26.70	13.00	38.60								
Peso de suelo seco (g)	153.20	128.80	238.10	268.10	249.70	328.00								
Contenido de humedad (%)	4.11	8.15	5.00	9.96	5.21	11.77								
Densidad seca (g/cm³)	2.29	2.29	2.12	2.09	2.03	2.02								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
05/11/23	16:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
06/11/23	16:00	24.00	2	0.020	0.0	4	0.040	0.0	11	0.110	0.1			
07/11/23	16:00	48.00	8	0.080	0.1	11	0.110	0.1	17	0.170	0.1			
08/11/23	16:00	72.00	1	0.010	0.0	16	0.160	0.1	19	0.190	0.2			
09/11/23	16:00	96.00	18	0.180	0.2	19	0.190	0.2	22	0.220	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°			4	MOLDE N°			5	MOLDE N°			6
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		610	203.33	203.33		426	142.00	142.00		252	84.00	84.00	
1.270	0.050		1398	466.00	466.00		874	291.33	291.33		356	118.67	118.67	
1.905	0.075		2128	709.33	709.33		1170	390.00	390.00		422	140.67	140.67	
2.540	0.100	70.455	2675	892.00	892.00	89.20	1386	462.00	462.00	46.20	490	163.33	163.33	16.33
3.175	0.125		3304	1101.33	1101.33		1578	526.00	526.00		546	182.00	182.00	
3.810	0.150		3774	1258.00	1258.00		1730	576.67	576.67		604	201.33	201.33	
4.445	0.175		4196	1398.67	1398.67		1912	637.33	637.33		660	220.00	220.00	
5.080	0.200	105.680	4566	1522.00	1522.00	101.47	2064	688.00	688.00	45.87	732	244.00	244.00	16.27
7.620	0.300		5614	1871.33	1871.33		2528	842.67	842.67		948	316.00	316.00	
10.160	0.400		6370	2123.33	2123.33		2946	982.00	982.00		1148	382.67	382.67	
12.700	0.500		6786	2262.00	2262.00		3242	1080.67	1080.67		1366	455.33	455.33	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 38 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G₂) muestra M₂₂ 1 de 2

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código CBR-2023
			Versión 1
			Fecha 18/12/2023
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO: 05/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA: M2
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE		ADICIÓN: 5 % DE RAP

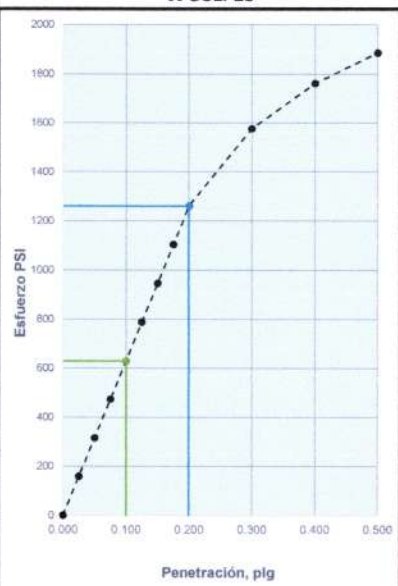


MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.300
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.14
95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.185

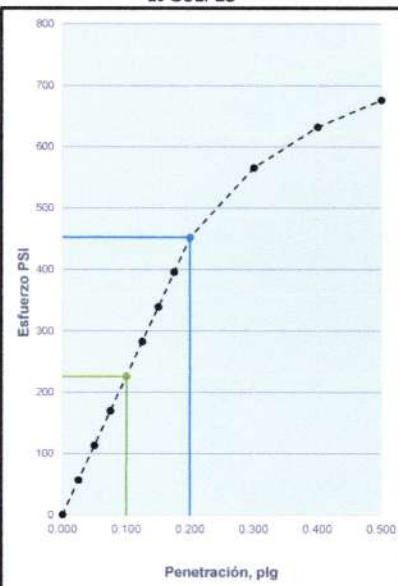
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	93.67
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	61.51

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 93.67 %
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 61.51 %

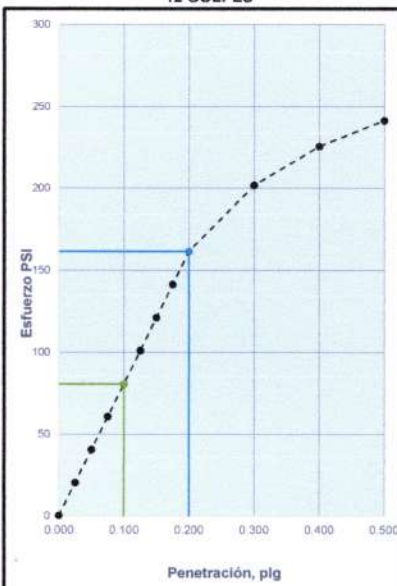
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



OBSERVACIONES:



APROBÓ



JOSÉ AUGUSTO QUISPE MUNARES
ING. CIVIL
CIP. N° 300569

Figura 39 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G₂) muestra M₂₂ 2 de 2

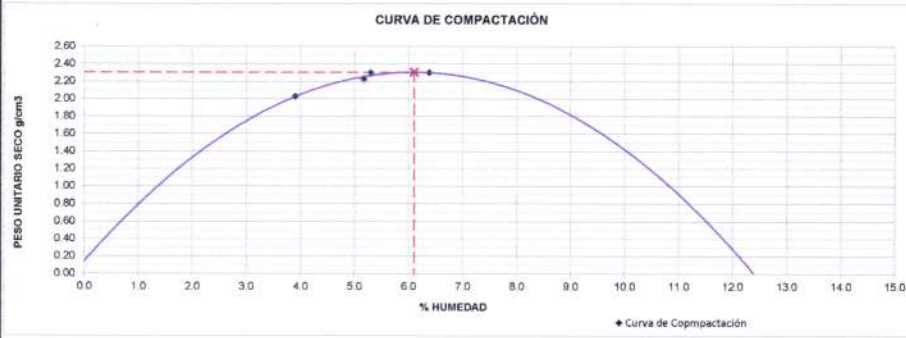
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M3																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	5 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10316	10818	10986	11041																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4476	4978	5146	5201																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	241.14	232.27	198.09	221.59																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	233.30	222.60	188.01	210.45																
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90																
MASA DEL AGUA	g	7.84	9.67	8.08	11.14																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	200.87	186.97	152.45	174.55																
% de HUMEDAD	%	3.90	5.17	5.30	6.38																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES																					
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.10	2.34	2.42	2.45																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.03	2.23	2.30	2.30																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.86	21.82	22.53	22.54																
	lb/ft ³	126.44	138.92	143.43	143.49																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.30</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.56</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.10</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.30	g/cm ³	22.56	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.10		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.30	g/cm ³																				
22.56	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
6.10																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
																					

Figura 40 — Resultado proctor modificado grupo experimental 2 (G₂) muestra M₃₂

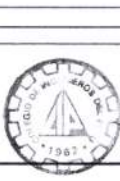
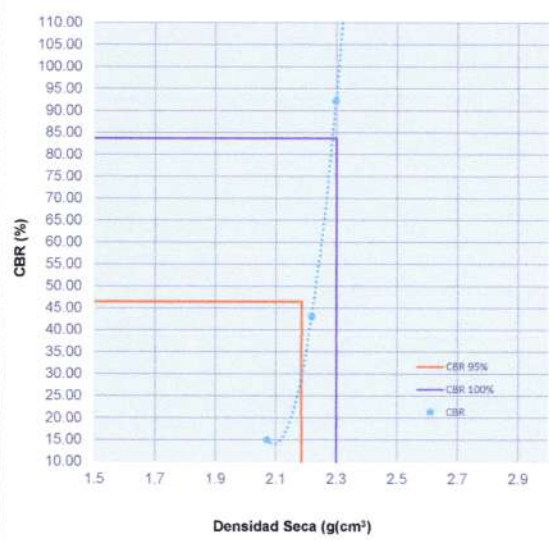
		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023							
						Versión	1							
						Fecha	18/12/2023							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No. :	035-2023								
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	05/12/2023								
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3								
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	5 % DE RAP								
COMPACTACIÓN														
Molde N°	7		8		9									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12580.00	12830.00	12210.00	12380.00	11840.00	12130.00								
Peso de molde (g)	7470.00	7470.00	7250.00	7250.00	7200.00	7200.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	5110.00	5360.00	4960.00	5130.00	4640.00	4930.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.401	2.52	2.331	2.41	2.180	2.32								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	215.97	198.12	322.37	336.20	264.47	477.04								
Peso suelo seco + tara (g)	208.07	184.22	308.67	308.70	253.17	432.74								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	7.90	13.90	13.70	27.50	11.30	44.30								
Peso de suelo seco (g)	175.67	149.00	270.47	271.90	215.77	397.94								
Contenido de humedad (%)	4.50	9.33	5.07	10.11	5.24	11.13								
Densidad seca (g/cm³)	2.30	2.30	2.22	2.19	2.07	2.08								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
05/12/23	16:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
06/12/23	16:00	24.00	2	0.020	0.0	4	0.040	0.0	9	0.090	0.1			
07/12/23	16:00	48.00	11	0.110	0.1	10	0.100	0.1	17	0.170	0.1			
08/12/23	16:00	72.00	15	0.150	0.1	15	0.150	0.1	20	0.200	0.2			
09/12/23	16:00	96.00	18	0.180	0.2	20	0.200	0.2	23	0.230	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		696	232.00	232.00		400	133.33	133.33		226	75.33	75.33	
1.270	0.050		1478	492.67	492.67		822	274.00	274.00		300	100.00	100.00	
1.905	0.075		2048	682.67	682.67		1090	363.33	363.33		362	120.67	120.67	
2.540	0.100	70.455	2768	922.67	922.67	92.27	1292	430.67	430.67	43.07	448	149.33	149.33	
3.175	0.125		3368	1122.67	1122.67		1478	492.67	492.67		486	162.00	162.00	
3.810	0.150		3902	1300.67	1300.67		1640	546.67	546.67		534	178.00	178.00	
4.445	0.175		4298	1432.67	1432.67		1792	597.33	597.33		598	199.33	199.33	
5.080	0.200	105.680	4652	1550.67	1550.67	103.38	1966	655.33	655.33	43.69	658	219.33	219.33	
7.620	0.300		5464	1821.33	1821.33		2376	792.00	792.00		852	284.00	284.00	
10.160	0.400		5980	1993.33	1993.33		2778	926.00	926.00		1020	340.00	340.00	
12.700	0.500		6306	2102.00	2102.00		3064	1021.33	1021.33		1214	404.67	404.67	
OBSERVACIONES:														
  APROBADO JOSE AGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 41 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G₂) muestra M₃₂ 1 de 2

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883	Código	CBR-2023
		Versión	1
		Fecha	18/12/2023
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. : 035-2023	
TESES: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO: 05/12/2023	
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA: M3	
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN: 5 % DE RAP	



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.300

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.10

95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.185 95%

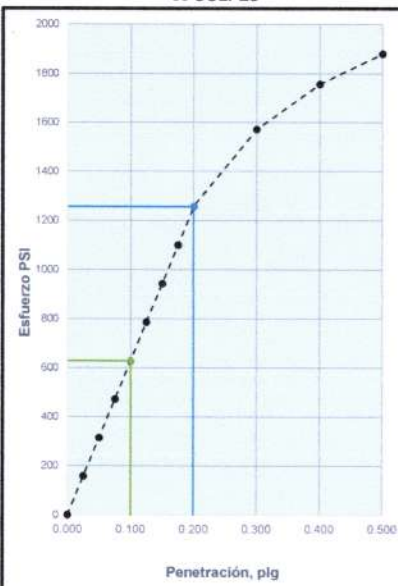
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	83.69
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	46.49

RESULTADOS:

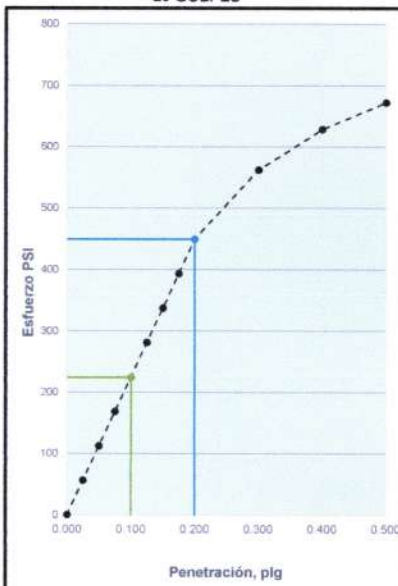
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 83.69 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 46.49 %

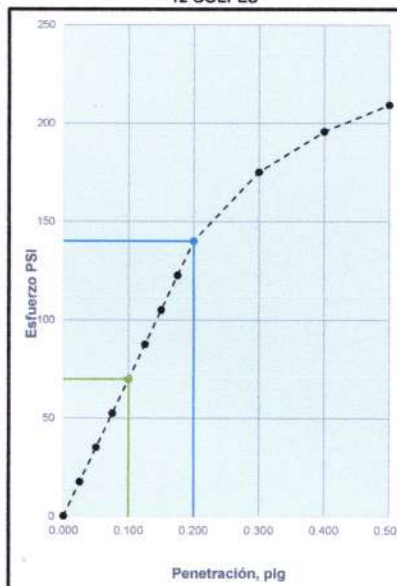
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES

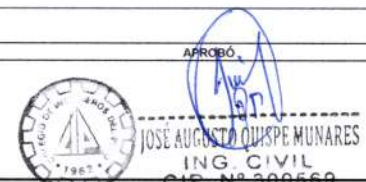


OBSERVACIONES: _____

REALIZÓ



APROBÓ



ING. CIVIL
C.I.P. N° 300560

Figura 42 — Resultado CBR grupo experimental 2 (G₂) muestra M₃₂ 2 de 2



Repositorio Institucional - UNAMBA Perú

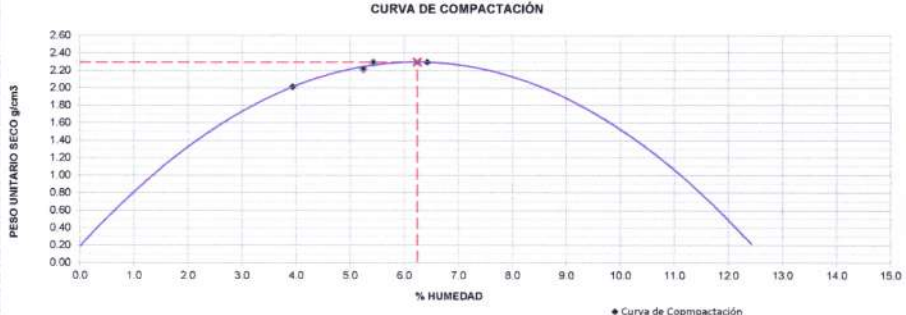
	INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
	RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
	NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
					Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García				INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	19/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M1
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	10 % DE RAP
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:	C
PRUEBA	Und	1	2	3	4	
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25	
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10290	10800	10980	11030	
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840	
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4450	4960	5140	5190	
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	237.06	232.52	191.00	217.34	
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	229.31	222.71	183.00	206.39	
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90	
MASA DEL AGUA	g	7.75	9.81	8.00	10.95	
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	196.88	187.08	147.44	170.49	
% de HUMEDAD	%	3.94	5.24	5.43	6.42	
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPÉCIMENES						
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.09	2.33	2.42	2.44	
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.01	2.22	2.29	2.29	
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.74	21.73	22.48	22.48	
	lbf/ft ³	125.66	138.32	143.10	143.13	
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.30 g/cm ³ 22.56 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.24 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³
OBSERVACIONES:						
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.						
REVISÓ				APROBÓ		
				 JOSE AUGUSTO QUIROPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569		

Figura 43 — Resultado proctor modificado grupo experimental 3 (G₃) muestra M₁₃

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023										
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	19/11/2023										
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M1										
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	10 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	2		1		3									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12520.00	12590.00	12120.00	12280.00	11840.00	12030.00								
Peso de molde (g)	7370.00	7370.00	7310.00	7310.00	7330.00	7330.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	5150.00	5220.00	4810.00	4970.00	4510.00	4700.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.420	2.45	2.280	2.34	2.119	2.21								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	268.40	272.02	306.10	335.20	256.30	472.20								
Peso suelo seco + tara (g)	255.50	251.62	292.40	307.00	244.90	426.00								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	12.90	20.40	13.70	28.20	11.40	46.20								
Peso de suelo seco (g)	223.10	216.40	254.20	270.20	207.50	391.20								
Contenido de humedad (%)	5.78	9.43	5.39	10.44	5.49	11.81								
Densidad seca (g/cm³)	2.29	2.24	2.14	2.11	2.01	1.98								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
19/11/23	17:20	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
20/11/23	17:20	24.00	1	0.010	0.0	5	0.050	0.0	8	0.080	0.1			
21/11/23	17:20	48.00	8	0.080	0.1	13	0.130	0.1	14	0.140	0.1			
22/11/23	17:20	72.00	13	0.130	0.1	17	0.170	0.1	17	0.170	0.1			
23/11/23	17:20	96.00	17	0.170	0.1	20	0.200	0.2	21	0.210	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		698	232.67	232.67		412	137.33	137.33		230	76.67	76.67	
1.270	0.050		1490	496.67	496.67		840	280.00	280.00		320	106.67	106.67	
1.905	0.075		2062	687.33	687.33		1104	368.00	368.00		380	126.67	126.67	
2.540	0.100	70.455	2778	926.00	926.00	92.60	1308	436.00	436.00	43.60	454	151.33	151.33	15.13
3.175	0.125		3382	1127.33	1127.33		1496	498.67	498.67		498	166.00	166.00	
3.810	0.150		3906	1302.00	1302.00		1652	550.67	550.67		548	182.67	182.67	
4.445	0.175		4316	1438.67	1438.67		1806	602.00	602.00		604	201.33	201.33	
5.080	0.200	105.680	4672	1557.33	1557.33	103.82	1980	660.00	660.00	44.00	670	223.33	223.33	14.89
7.620	0.300		5466	1822.00	1822.00		2388	796.00	796.00		860	286.67	286.67	
10.160	0.400		5990	1996.67	1996.67		2780	926.67	926.67		1036	345.33	345.33	
12.700	0.500		6322	2107.33	2107.33		3076	1025.33	1025.33		1222	407.33	407.33	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 44 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G3) muestra M13 1 de 2

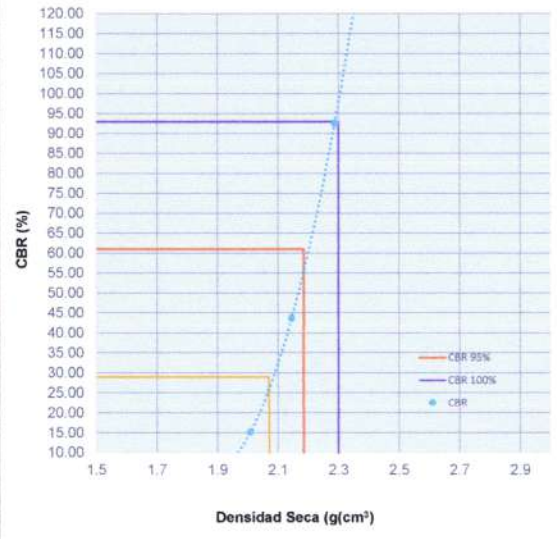
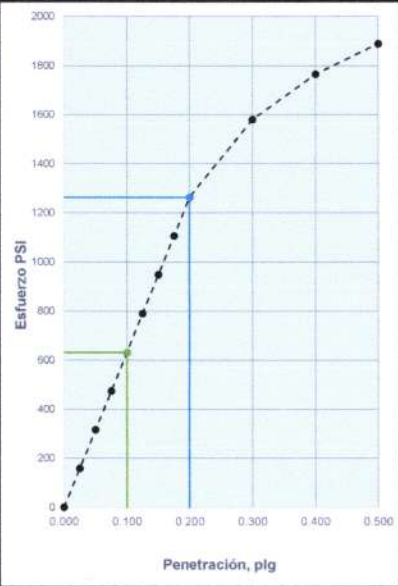
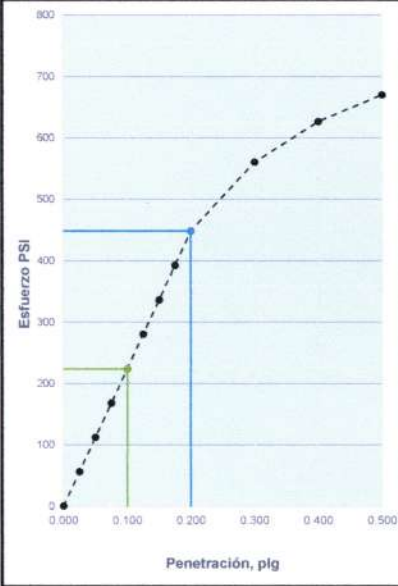
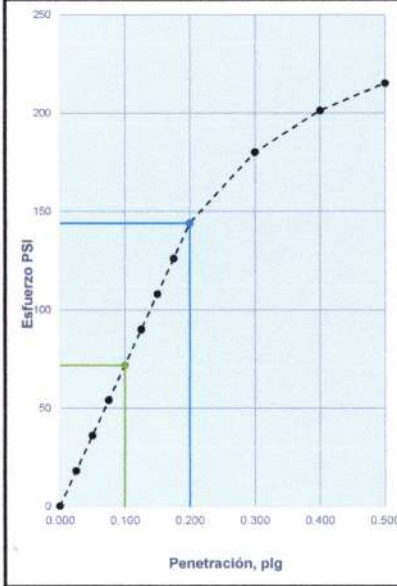
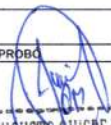
	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883	Código	CBR-2023				
		Versión	1				
		Fecha	18/12/2023				
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. : 035-2023					
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO: 19/11/2023					
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA: M1					
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN: 10 % DE RAP					
		MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.300 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.24 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.185 95% <table border="1"> <tr> <td>C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :</td> <td>92.99</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :</td> <td>60.97</td> </tr> </table>		C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	92.99	C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	60.97
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	92.99						
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	60.97						
RESULTADOS: Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 92.99 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 60.97 %							
56 GOLPES 		25 GOLPES 					
		12 GOLPES 					
OBSERVACIONES:							
		APROBADO:  JOSÉ AUGUSTO QUIJPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569					

Figura 45 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G₃) muestra M₁₃ 2 de 2

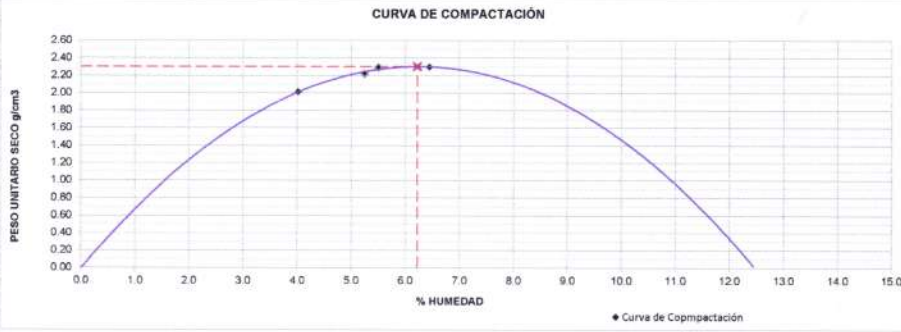
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023						
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1						
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023						
				Página 1 de 1							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García			INFORME No.	035-2023						
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	09/12/2023						
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M2						
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	10% DE RAP						
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C						
PRUEBA	Und	1	2	3	4						
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000						
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25						
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1						
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127						
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10286	10808	10985	11039						
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840						
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4446	4968	5145	5199						
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN											
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12						
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	237.16	232.58	191.08	217.36						
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	229.37	222.66	183.12	206.46						
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34						
MASA DEL AGUA	g	7.79	9.92	7.98	10.90						
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	193.85	189.21	144.72	169.12						
% de HUMEDAD	%	4.02	5.24	5.50	6.45						
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES											
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.09	2.34	2.42	2.44						
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.01	2.22	2.29	2.30						
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.71	21.76	22.48	22.52						
	lb/ft ³	125.45	138.55	143.13	143.35						
											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.30</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.56</td> <td>kN/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.30	g/cm ³	22.56	kN/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO											
2.30	g/cm ³										
22.56	kN/m ³										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6.22</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.22			
HUMEDAD ÓPTIMA (%)											
6.22											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO											
NO REQUIERE	kN/m ³										
NO REQUIERE	kg/m ³										
OBSERVACIONES:											
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.											
			APROBO   JOSÉ AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569								

Figura 46 — Resultado proctor modificado grupo experimental 3 (G3) muestra M23

		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023							
						Versión	1							
						Fecha	18/12/2023							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No. :	035-2023								
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	09/12/2023								
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M2								
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	10% DE RAP								
COMPACTACIÓN														
Molde N°	1		2		3									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12320.00	12380.00	12120.00	12280.00	11770.00	12030.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7370.00	7370.00	7330.00	7330.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	5010.00	5070.00	4750.00	4910.00	4440.00	4700.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.354	2.38	2.232	2.31	2.086	2.21								
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18								
Peso suelo húmedo + tara (g)	214.4	349.3	288.90	326.2	297.20	409.4								
Peso suelo seco + tara (g)	208.4	329.7	279.90	302.7	288.20	374.3								
Peso tara (g)	37.2	35.3	33.80	33.4	33.10	38.1								
Peso de agua (g)	6.00	19.6	9.00	23.5	9.00	35.1								
Peso de suelo seco (g)	171.20	294.4	246.10	269.3	255.10	336.2								
Contenido de humedad (%)	3.50	6.66	3.66	8.73	3.53	10.44								
Densidad seca (g/cm³)	2.27	2.23	2.15	2.12	2.02	2.00								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
17/09/23	15:40	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
18/09/23	15:40	24.00	1	0.010	0.0	4	0.040	0.0	10	0.100	0.1			
19/09/23	15:40	48.00	9	0.090	0.1	12	0.120	0.1	16	0.160	0.1			
20/09/23	15:40	72.00	14	0.140	0.1	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2			
21/09/23	15:40	96.00	17	0.170	0.1	20	0.200	0.2	20	0.200	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		628	209.33	209.33		436	145.33	145.33		256	85.33	85.33	
1.270	0.050		1418	472.67	472.67		888	296.00	296.00		356	118.67	118.67	
1.905	0.075		2140	713.33	713.33		1170	390.00	390.00		426	142.00	142.00	
2.540	0.100	70.455	2784	928.00	928.00	92.80	1390	463.33	463.33	46.33	508	169.33	169.33	
3.175	0.125		3316	1105.33	1105.33		1584	528.00	528.00		556	185.33	185.33	
3.810	0.150		3790	1263.33	1263.33		1750	583.33	583.33		614	204.67	204.67	
4.445	0.175		4200	1400.00	1400.00		1914	638.00	638.00		678	226.00	226.00	
5.080	0.200	105.680	4582	1527.33	1527.33	101.82	2078	692.67	692.67	46.18	748	249.33	249.33	
7.620	0.300		5630	1876.67	1876.67		2530	843.33	843.33		964	321.33	321.33	
10.160	0.400		6384	2128.00	2128.00		2946	982.00	982.00		1162	387.33	387.33	
12.700	0.500		6802	2267.33	2267.33		3260	1086.67	1086.67		1372	457.33	457.33	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 47 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G3) muestra M23 1 de 2

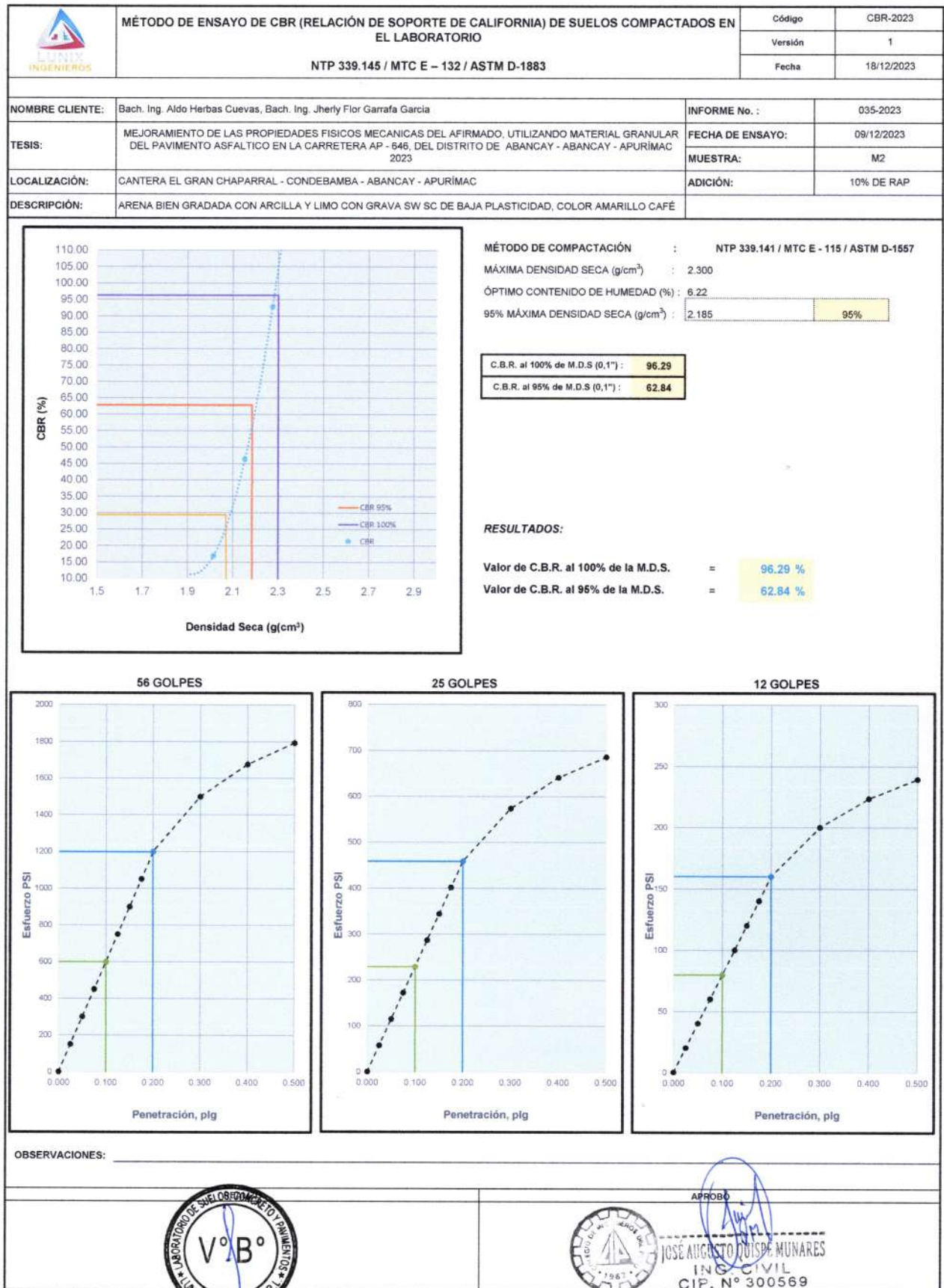


Figura 48 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G3) muestra M23 2 de 2

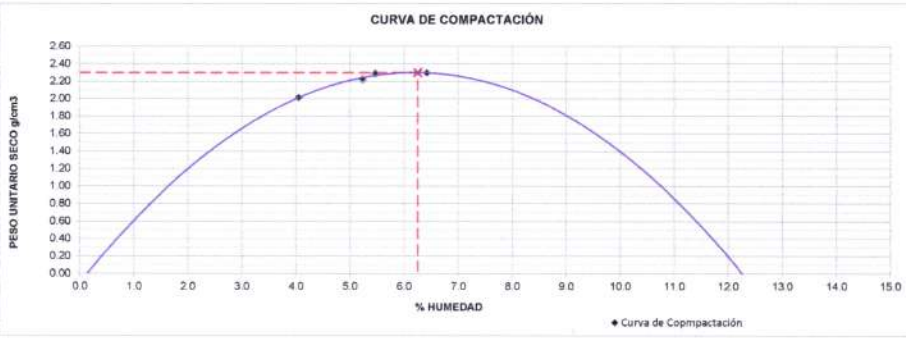
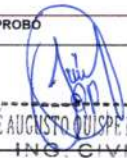
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	09/12/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M3																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	10 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10295	10808	10978	11035																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4455	4968	5138	5195																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	237.06	232.48	190.96	217.28																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	229.24	222.68	182.98	206.48																
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30																
MASA DEL AGUA	g	7.82	9.80	7.98	10.80																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	193.04	187.28	145.98	168.18																
% de HUMEDAD	%	4.05	5.23	5.47	6.42																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.09	2.34	2.42	2.44																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.01	2.22	2.29	2.30																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.74	21.77	22.46	22.51																
	lbf/ft ³	125.66	138.56	142.99	143.27																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.30</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.56</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.25</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.30	g/cm ³	22.56	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.25		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.30	g/cm ³																				
22.56	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
6.25																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
REVISÓ 			APROBO  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

Figura 49 — Resultado proctor modificado grupo experimental 3 (G₃) muestra M₃₃

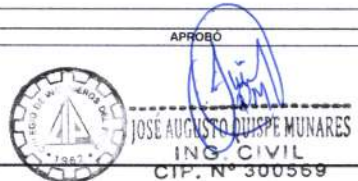
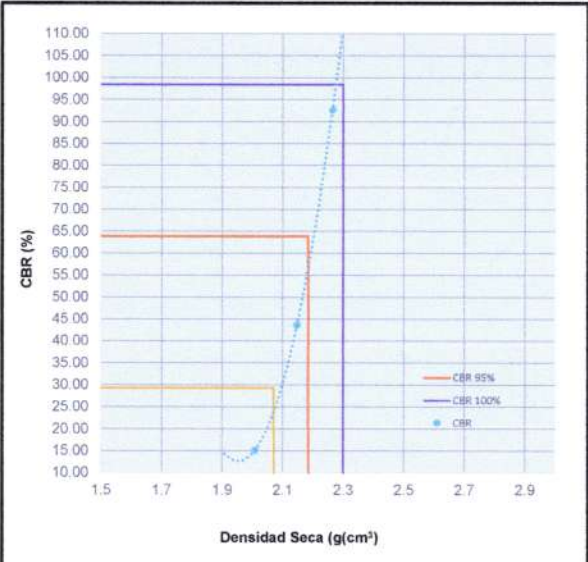
 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023													
		Versión	1													
		Fecha	18/12/2023													
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023												
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	09/12/2023												
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M3												
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	10 % DE RAP												
COMPACTACIÓN																
Molde N°	2		1													
Capas N°	5		5													
Golpes por Capa N°	56		25													
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO												
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12470.00	12490.00	12120.00	12280.00												
Peso de molde (g)	7370.00	7370.00	7310.00	7310.00												
Peso del Suelo húmedo (g)	5100.00	5120.00	4810.00	4970.00												
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00												
Densidad húmeda (g/cm³)	2.397	2.41	2.260	2.34												
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10												
Peso suelo húmedo + tara (g)	273.97	306.60	311.57	328.94												
Peso suelo seco + tara (g)	260.77	286.20	297.87	305.64												
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74												
Peso de agua (g)	13.20	20.40	13.70	23.30												
Peso de suelo seco (g)	226.07	252.70	280.07	272.90												
Contenido de humedad (%)	5.84	8.07	5.27	8.54												
Densidad seca (g/cm³)	2.26	2.23	2.15	2.15												
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%		mm	%					
09/12/23	14:10	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0					
10/12/23	14:10	24.00	2	0.020	0.0	3	0.030	0.0	12	0.120	0.1					
11/12/23	14:10	48.00	10	0.100	0.1	9	0.090	0.1	17	0.170	0.1					
12/12/23	14:10	72.00	14	0.140	0.1	14	0.140	0.1	19	0.190	0.2					
13/12/23	14:10	96.00	19	0.190	0.2	20	0.200	0.2	21	0.210	0.2					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°				2	MOLDE N°				1	MOLDE N°				3
		mm	pulg.	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)		Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00			
0.635	0.025		698	232.67	232.67		412	137.33	137.33		230	76.67	76.67			
1.270	0.050		1490	496.67	496.67		840	280.00	280.00		320	106.67	106.67			
1.905	0.075		2062	687.33	687.33		1104	368.00	368.00		380	126.67	126.67			
2.540	0.100	70.455	2778	926.00	926.00	92.60	1308	436.00	436.00	43.60	454	151.33	151.33	15.13		
3.175	0.125		3382	1127.33	1127.33		1496	498.67	498.67		498	166.00	166.00			
3.810	0.150		3906	1302.00	1302.00		1652	550.67	550.67		548	182.67	182.67			
4.445	0.175		4316	1438.67	1438.67		1806	602.00	602.00		604	201.33	201.33			
5.080	0.200	105.680	4672	1557.33	1557.33	103.82	1980	660.00	660.00	44.00	670	223.33	223.33	14.89		
7.620	0.300		5466	1822.00	1822.00		2388	796.00	796.00		860	286.67	286.67			
10.160	0.400		5990	1996.67	1996.67		2780	926.67	926.67		1036	345.33	345.33			
12.700	0.500		6322	2107.33	2107.33		3076	1025.33	1025.33		1222	407.33	407.33			
OBSERVACIONES:																
 																

Figura 50 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G3) muestra M33 1 de 2

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883	Código	CBR-2023
		Versión	1
		Fecha	18/12/2023

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garraza Garcia	INFORME No. :	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023	FECHA DE ENSAYO:	09/12/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC	MUESTRA:	M3
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ	ADICIÓN:	10 % DE RAP



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.300

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.25

95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.185 95%

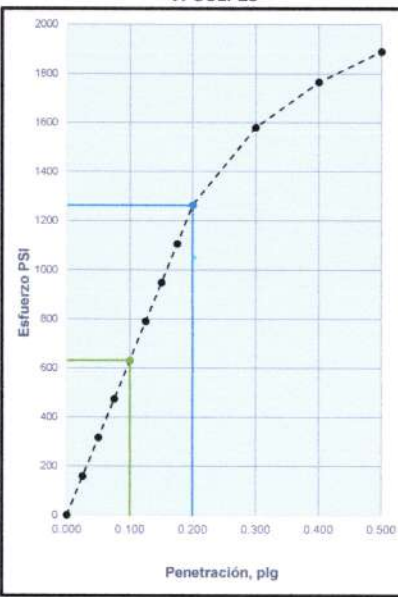
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	98.45
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	63.90

RESULTADOS:

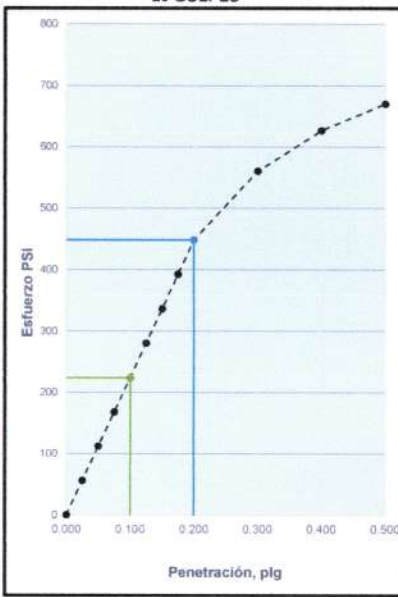
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 98.45 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 63.90 %

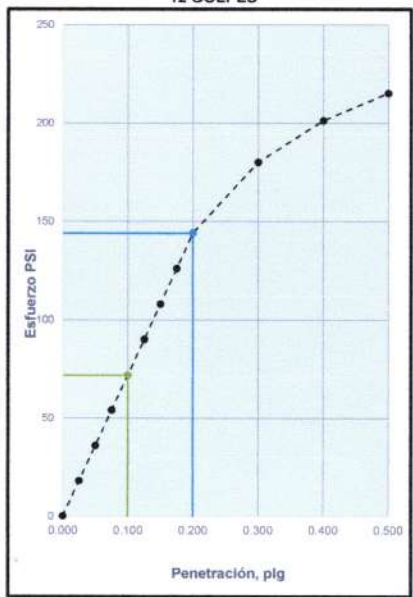
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES

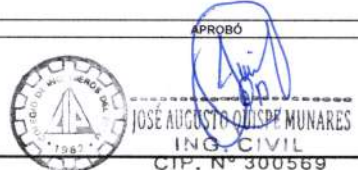


OBSERVACIONES: _____

REALIZÓ



APROBÓ



ING. CIVIL
CIP. N° 300569

Figura 51 — Resultado CBR grupo experimental 3 (G3) muestra M33 2 de 2

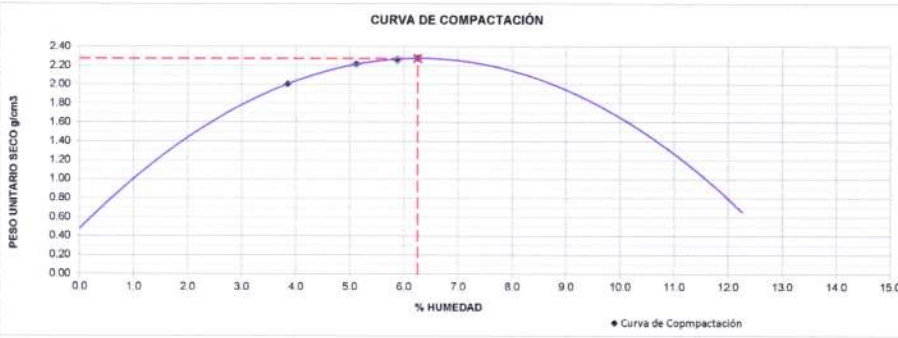
	INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
	RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
	NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
					Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	11/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M1
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	15 % DE RAP
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:	C
PRUEBA	Und	1	2	3	4	
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25	
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10266	10796	10930	10992	
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840	
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4426	4956	5090	5152	
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN						
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	248.22	237.35	197.78	226.90	
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	240.36	227.52	188.86	215.79	
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30	
MASA DEL AGUA	g	7.86	9.83	8.92	11.11	
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	204.16	192.12	151.86	177.49	
% de HUMEDAD	%	3.8	5.1	5.9	6.3	
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES						
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.08	2.33	2.39	2.42	
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.00	2.22	2.26	2.28	
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.65	21.74	22.17	22.35	
	lbf/ft ³	125.09	138.38	141.10	142.30	
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.28 g/cm ³ 22.4 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.25 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³
OBSERVACIONES:						
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.						
REVISÓ				APROBÓ		
				 JOSÉ AUGUSTO QUIRPE MUNARES INGENIERO CIP. N° 300569		

Figura 52 — Resultado proctor modificado grupo experimental 4 (G4) muestra M14

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023										
					Versión	1										
					Fecha	18/12/2023										
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia																
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023				INFORME No. : 035-2023												
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC				FECHA DE ENSAYO: 11/11/2023												
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M1												
				ADICIÓN: 15 % DE RAP												
COMPACTACIÓN																
Molde N°	4		5		6											
Capas N°	5		5		5											
Golpes por Capa N°	56		25		12											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO										
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12250.00	12270.00	12040.00	12260.00	11680.00	11970.00										
Peso de molde (g)	7230.00	7230.00	7400.00	7400.00	7310.00	7310.00										
Peso del Suelo húmedo (g)	5020.00	5040.00	4640.00	4860.00	4370.00	4660.00										
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.359	2.37	2.180	2.28	2.054	2.19										
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10	C11	C12										
Peso suelo húmedo + tara (g)	224.99	392.40	195.80	305.64	198.78	294.30										
Peso suelo seco + tara (g)	217.40	365.36	189.09	279.71	190.53	266.07										
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74	35.80	36.50										
Peso de agua (g)	7.59	27.04	8.71	25.93	6.25	28.23										
Peso de suelo seco (g)	162.70	331.86	151.29	246.97	154.73	229.57										
Contenido de humedad (%)	4.15	8.15	4.44	10.50	4.04	12.39										
Densidad seca (g/cm³)	2.26	2.19	2.09	2.07	1.97	1.95										
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%		mm	%					
04/09/23	17:20	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0					
05/09/23	17:20	24.00	1	0.010	0.0	5	0.050	0.0	10	0.100	0.1					
06/09/23	17:20	48.00	8	0.080	0.1	11	0.110	0.1	16	0.160	0.1					
07/09/23	17:20	72.00	11	0.110	0.1	17	0.170	0.1	18	0.180	0.2					
08/09/23	17:20	96.00	16	0.160	0.1	19	0.190	0.2	20	0.200	0.2					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°				4	MOLDE N°				5	MOLDE N°				6
		mm	puñg.	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)		Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00			
0.635	0.025		258	86.00	86.00		186	62.00	62.00		102	34.00	34.00			
1.270	0.050		990	330.00	330.00		550	183.33	183.33		276	92.00	92.00			
1.905	0.075		1578	526.00	526.00		896	298.67	298.67		390	130.00	130.00			
2.540	0.100	70.455	2194	731.33	731.33	73.13	1126	375.33	375.33	37.53	470	156.67	156.67	15.67		
3.175	0.125		2612	870.67	870.67		1256	418.67	418.67		512	170.67	170.67			
3.810	0.150		3000	1000.00	1000.00		1382	460.67	460.67		568	189.33	189.33			
4.445	0.175		3316	1105.33	1105.33		1498	499.33	499.33		624	208.00	208.00			
5.080	0.200	105.680	3594	1198.00	1198.00	79.87	1588	529.33	529.33	35.29	650	216.67	216.67	14.44		
7.620	0.300		4314	1438.00	1438.00		1916	638.67	638.67		788	262.67	262.67			
10.160	0.400		4856	1618.67	1618.67		2188	729.33	729.33		912	304.00	304.00			
12.700	0.500		5362	1787.33	1787.33		2438	812.67	812.67		1048	349.33	349.33			
OBSERVACIONES:																
  APROBÓ JOSE AUGUSTO QUISEP MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																

Figura 53 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G4) muestra M14 1 de 2

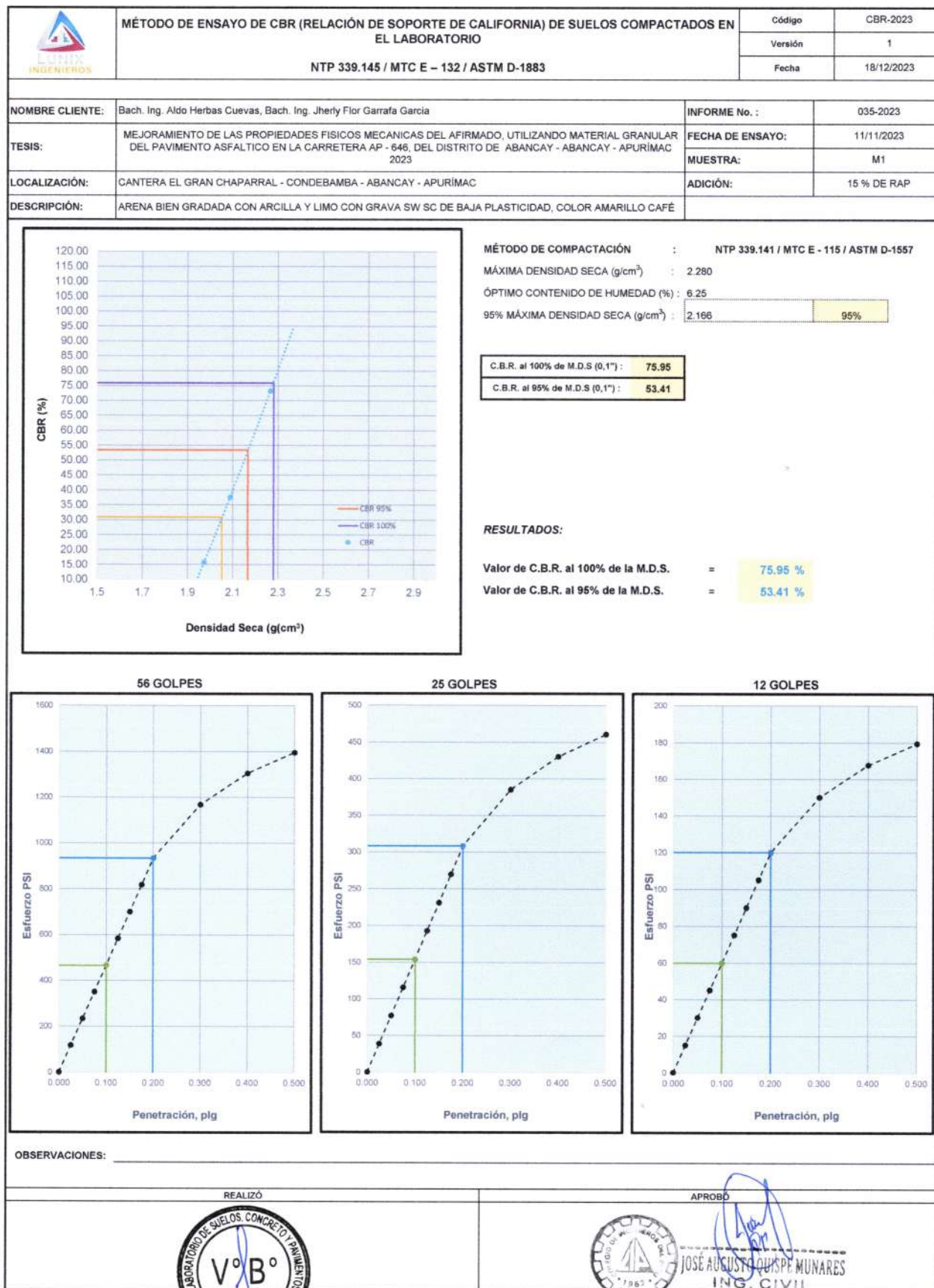


Figura 54 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G4) muestra M14 2 de 2

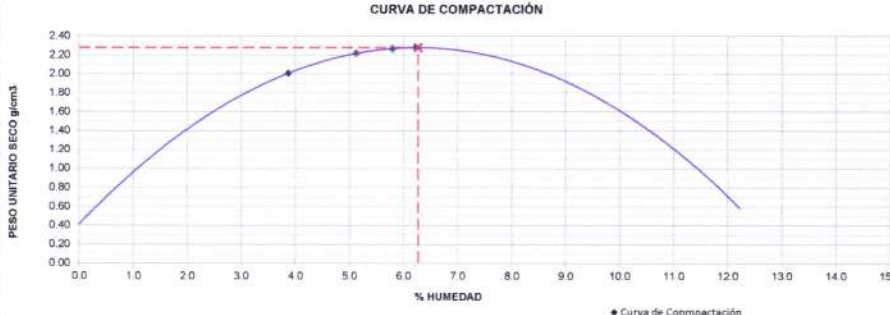
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	23/11/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M2																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	15 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10270	10800	10935	10990																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4430	4960	5095	5150																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	248.32	237.30	197.70	226.95																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	240.28	227.47	188.82	215.75																
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90																
MASA DEL AGUA	g	8.04	9.83	8.88	11.20																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	207.85	191.84	153.26	179.85																
% de HUMEDAD	%	3.9	5.1	5.8	6.2																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																					
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.08	2.33	2.40	2.42																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.01	2.22	2.26	2.28																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.66	21.75	22.20	22.35																
	lbf/ft ³	125.18	138.48	141.35	142.29																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.28</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.4</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.27</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.28	g/cm ³	22.4	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.27		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.28	g/cm ³																				
22.4	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
6.27																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
			APROBO  JOSÉ AUGUSTO QUIJPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

Figura 55 — Resultado proctor modificado grupo experimental 4 (G4) muestra M24

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia														
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				FECHA DE ENSAYO: 23/11/2023										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M2										
				ADICIÓN: 15 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	4		5		6									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12290.00	12340.00	12080.00	12250.00	11730.00	11930.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7400.00	7400.00	7230.00	7230.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4980.00	5030.00	4680.00	4850.00	4500.00	4700.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.340	2.36	2.199	2.28	2.115	2.21								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	249.40	521.82	312.00	463.10	285.70	558.00								
Peso suelo seco + tara (g)	245.00	492.02	305.80	427.30	277.50	513.50								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	4.40	29.80	6.20	35.80	8.20	44.50								
Peso de suelo seco (g)	212.60	456.80	267.60	390.50	240.10	478.70								
Contenido de humedad (%)	2.07	6.52	2.32	9.17	3.42	9.30								
Densidad seca (g/cm³)	2.29	2.22	2.16	2.09	2.04	2.02								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
23/11/23	16:45	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
24/11/23	16:45	24.00	1	0.010	0.0	3	0.030	0.0	12	0.120	0.1			
25/11/23	16:45	48.00	8	0.080	0.1	10	0.100	0.1	16	0.160	0.1			
26/11/23	16:45	72.00	13	0.130	0.1	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2			
27/11/23	16:45	96.00	16	0.160	0.1	19	0.190	0.2	20	0.200	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°	4				5				6			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		792	264.00	264.00		618	206.00	206.00		472	157.33	157.33	
1.270	0.050		1404	468.00	468.00		972	324.00	324.00		678	226.00	226.00	
1.905	0.075		2078	692.67	692.67		1260	420.00	420.00		824	274.67	274.67	
2.540	0.100	70.455	2662	887.33	887.33	88.73	1528	509.33	509.33	50.93	946	315.33	315.33	31.53
3.175	0.125		3104	1034.67	1034.67		1668	556.00	556.00		1020	340.00	340.00	
3.810	0.150		3458	1152.67	1152.67		1856	618.67	618.67		1108	369.33	369.33	
4.445	0.175		3768	1256.00	1256.00		2014	671.33	671.33		1180	393.33	393.33	
5.080	0.200	105.680	4086	1382.00	1382.00	90.80	2152	717.33	717.33	47.82	1250	416.67	416.67	27.78
7.620	0.300		4906	1635.33	1635.33		2600	866.67	866.67		1504	501.33	501.33	
10.160	0.400		5646	1882.00	1882.00		2992	997.33	997.33		1746	582.00	582.00	
12.700	0.500		6254	2084.67	2084.67		3348	1116.00	1116.00		1928	642.67	642.67	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 56 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G4) muestra M24 1 de 2

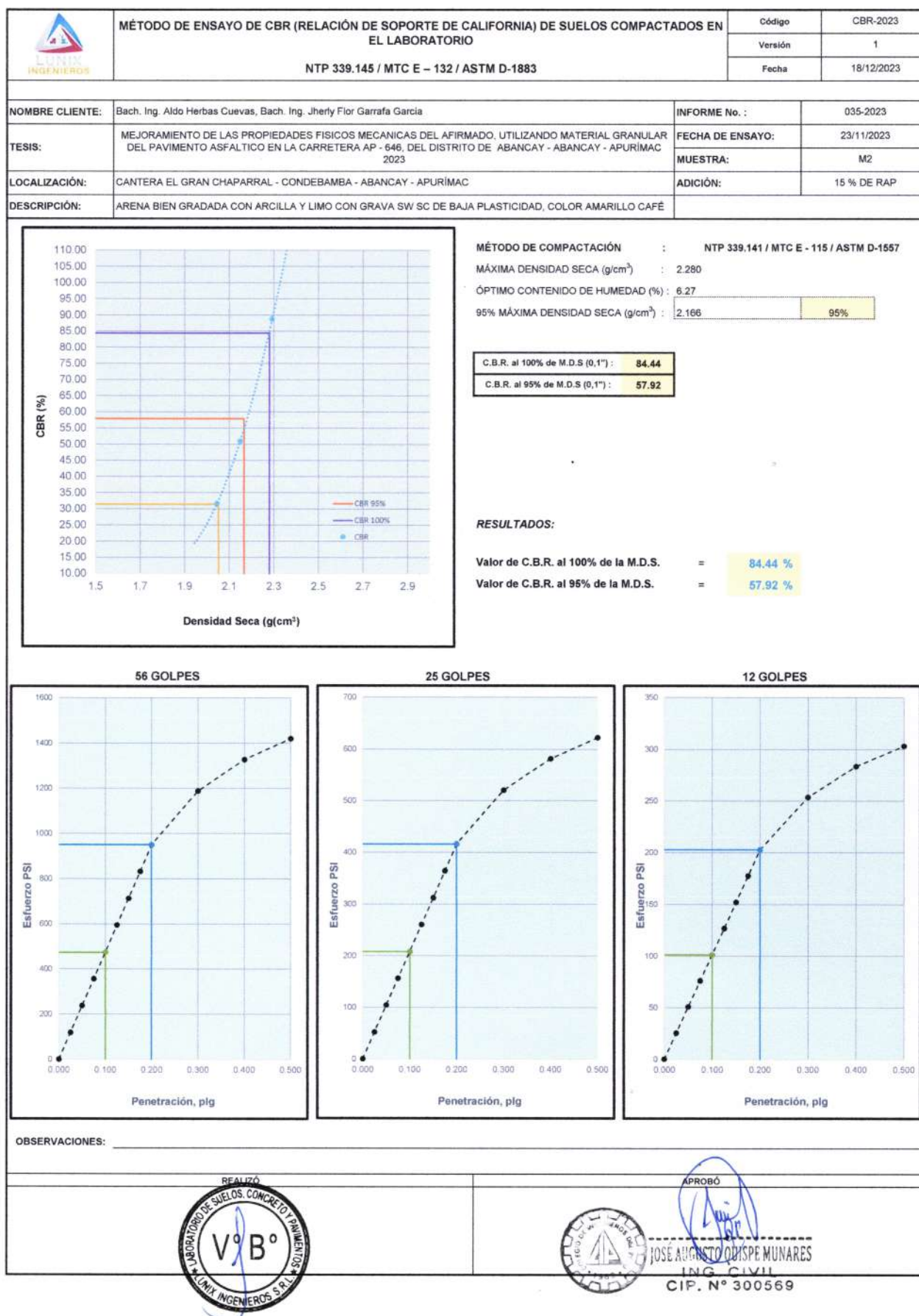


Figura 57 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G4) muestra M24 2 de 2

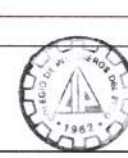
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	23/11/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M3																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	15 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10265	10792	10928	10990																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4425	4952	5088	5150																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	248.12	237.30	197.72	226.88																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	240.25	227.45	188.81	215.75																
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34																
MASA DEL AGUA	g	7.87	9.85	8.91	11.13																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	204.73	194.00	150.41	178.41																
% de HUMEDAD	%	3.8	5.1	5.9	6.2																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.08	2.33	2.39	2.42																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.00	2.22	2.26	2.28																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.85	21.73	22.15	22.35																
	lb/ft ³	125.07	138.32	140.98	142.28																
				<table border="1"> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> <tr> <td>2.27</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.3</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.24</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </table>		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.27	g/cm ³	22.3	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.24		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.27	g/cm ³																				
22.3	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
6.24																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
			 APROBÓ JOSE AGUSTO QUISEP MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

Figura 58 — Resultado proctor modificado grupo experimental 4 (G4) muestra M34

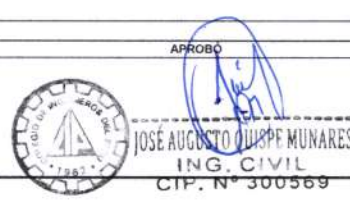
	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023										
					Versión	1										
					Fecha	18/12/2023										
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia																
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				INFORME No. : 035-2023												
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				FECHA DE ENSAYO: 23/11/2023												
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M3												
				ADICIÓN: 15 % DE RAP												
COMPACTACIÓN																
Molde N°	4		5		6											
Capas N°	5		5		5											
Golpes por Capa N°	56		25		12											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO										
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12440.00	12490.00	12080.00	12250.00	11730.00	11930.00										
Peso de molde (g)	7310.00	7340.00	7400.00	7400.00	7230.00	7230.00										
Peso del Suelo húmedo (g)	5130.00	5150.00	4680.00	4850.00	4500.00	4700.00										
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.411	2.42	2.199	2.28	2.115	2.21										
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18										
Peso suelo húmedo + tara (g)	165.20	213.80	309.80	459.70	281.40	561.30										
Peso suelo seco + tara (g)	186.60	200.35	301.40	423.90	273.20	516.80										
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.40	33.10	38.10										
Peso de agua (g)	8.60	13.45	8.20	35.80	8.20	44.50										
Peso de suelo seco (g)	149.40	165.05	267.60	390.50	240.10	478.70										
Contenido de humedad (%)	5.76	8.15	3.06	9.17	3.42	9.30										
Densidad seca (g/cm³)	2.28	2.24	2.13	2.09	2.04	2.02										
EXPANSIÓN																
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN						
				mm	%		mm	%		mm	%					
23/11/23	14:10	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0					
24/11/23	14:10	24.00	2	0.020	0.0	5	0.050	0.0	10	0.100	0.1					
25/11/23	14:10	48.00	8	0.080	0.1	11	0.110	0.1	15	0.150	0.1					
26/11/23	14:10	72.00	12	0.120	0.1	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2					
27/11/23	14:10	96.00	16	0.160	0.1	18	0.180	0.2	20	0.200	0.2					
PENETRACIÓN																
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°				4	MOLDE N°				5	MOLDE N°				6
		mm	pulg.	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)		Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)		Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	
0.000	0.000			0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		
0.635	0.025			608	202.67	202.67		360	120.00	120.00		184	61.33	61.33		
1.270	0.050			1236	412.00	412.00		730	243.33	243.33		372	124.00	124.00		
1.905	0.075			1902	634.00	634.00		1124	374.67	374.67		572	190.67	190.67		
2.540	0.100	70.455		2280	760.00	760.00	76.00	1346	448.67	448.67	44.67	684	228.00	228.00	22.80	
3.175	0.125			2718	906.00	906.00		1604	534.67	534.67		816	272.00	272.00		
3.810	0.150			3122	1040.67	1040.67		1842	614.00	614.00		938	312.67	312.67		
4.445	0.175			3416	1138.67	1138.67		2016	672.00	672.00		1026	342.00	342.00		
5.080	0.200	105.680		3724	1241.33	1241.33	82.76	2198	732.67	732.67	48.84	1118	372.67	372.67	24.84	
7.620	0.300			4502	1500.67	1500.67		2658	886.00	886.00		1352	450.67	450.67		
10.160	0.400			5134	1711.33	1711.33		3030	1010.00	1010.00		1542	514.00	514.00		
12.700	0.500			5674	1891.33	1891.33		3348	1116.00	1116.00		1704	568.00	568.00		
OBSERVACIONES:																
																

Figura 59 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G4) muestra M34 1 de 2

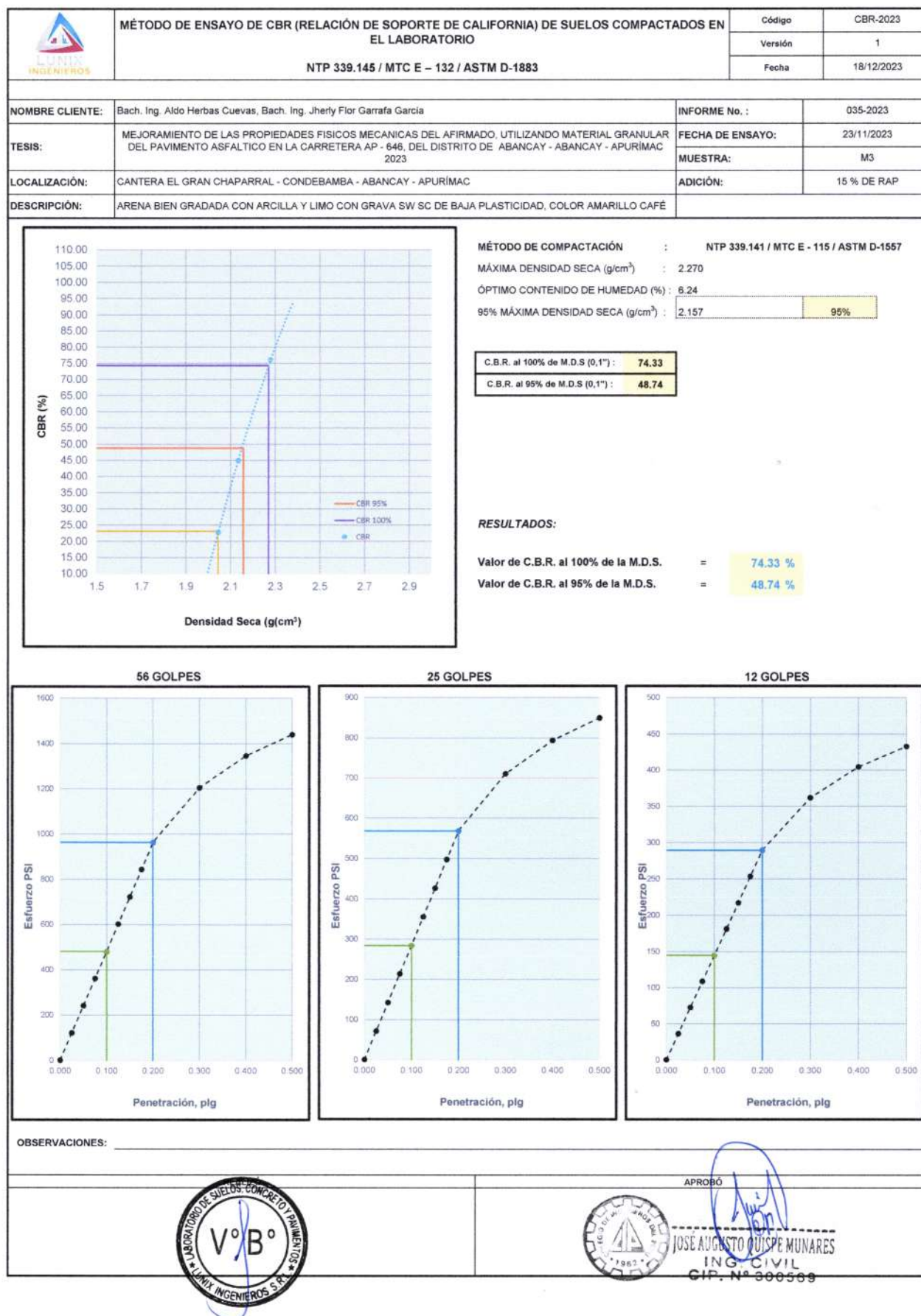


Figura 60 — Resultado CBR grupo experimental 4 (G4) muestra M34 2 de 2

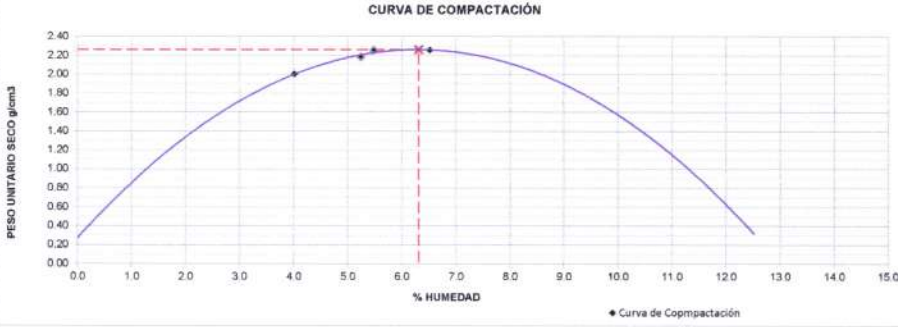
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
						Fecha	18/12/2023
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrata García				INFORME No.	035-2023	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC				MUESTRA:	M1	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	20 % DE RAP	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:	C	
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10270	10723	10896	10953		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4430	4883	5056	5113		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	233.29	232.75	189.56	214.94		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	225.54	222.94	181.56	203.99		
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90		
MASA DEL AGUA	g	7.75	9.81	8.00	10.95		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	193.11	187.31	146.00	168.09		
% de HUMEDAD	%	4.0	5.2	5.5	6.5		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPÉCIMENES							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.08	2.30	2.38	2.40		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.00	2.16	2.25	2.26		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.64	21.39	22.10	22.13		
	lb/ft ³	125.00	136.18	140.69	140.89		
					PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.26 g/cm ³ 22.2 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.31 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³		
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
				APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUIPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569			

Figura 61 — Resultado proctor modificado grupo experimental 5 (G5) muestra M15

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia														
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				FECHA DE ENSAYO: 15/11/2023										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M1										
				ADICIÓN: 20 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	4		5		6									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12280.00	12360.00	12100.00	12270.00	11730.00	11950.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7400.00	7400.00	7230.00	7230.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4950.00	5050.00	4700.00	4870.00	4500.00	4720.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.326	2.37	2.209	2.29	2.115	2.22								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	293.50	324.32	231.10	321.40	292.70	357.00								
Peso suelo seco + tara (g)	285.30	302.72	224.00	299.50	282.80	327.30								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	8.20	21.60	7.10	21.90	9.90	29.70								
Peso de suelo seco (g)	252.90	267.50	185.80	262.70	245.40	292.50								
Contenido de humedad (%)	3.24	8.07	3.82	8.34	4.03	10.15								
Densidad seca (g/cm³)	2.25	2.20	2.13	2.11	2.03	2.01								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/11/23	15:50	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
16/11/23	15:50	24.00	1	0.010	0.0	3	0.030	0.0	8	0.080	0.1			
17/11/23	15:50	48.00	8	0.080	0.1	10	0.100	0.1	16	0.160	0.1			
18/11/23	15:50	72.00	10	0.100	0.1	13	0.130	0.1	18	0.180	0.2			
19/11/23	15:50	96.00	15	0.150	0.1	17	0.170	0.1	20	0.200	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°	4				5				6			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		862	287.33	287.33		616	205.33	205.33		158	52.67	52.67	
1.270	0.050		1346	448.67	448.67		946	315.33	315.33		338	112.67	112.67	
1.905	0.075		2054	684.67	684.67		1254	418.00	418.00		498	166.00	166.00	
2.540	0.100	70.455	2420	806.67	806.67	80.67	1526	508.67	508.67	50.87	610	203.33	203.33	20.33
3.175	0.125		2848	949.33	949.33		1748	582.67	582.67		704	234.67	234.67	
3.810	0.150		3147	1049.00	1049.00		1848	616.00	616.00		788	262.67	262.67	
4.445	0.175		3552	1184.00	1184.00		2148	716.00	716.00		878	292.67	292.67	
5.080	0.200	105.680	3804	1268.00	1268.00	84.53	2308	768.67	768.67	51.24	946	315.33	315.33	21.02
7.620	0.300		4662	1554.00	1554.00		2896	965.33	965.33		1212	404.00	404.00	
10.160	0.400		5371	1790.33	1790.33		3456	1152.00	1152.00		1432	477.33	477.33	
12.700	0.500		5872	1957.33	1957.33		3852	1284.00	1284.00		1690	563.33	563.33	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 62 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G₅) muestra M₁₅ 1 de 2

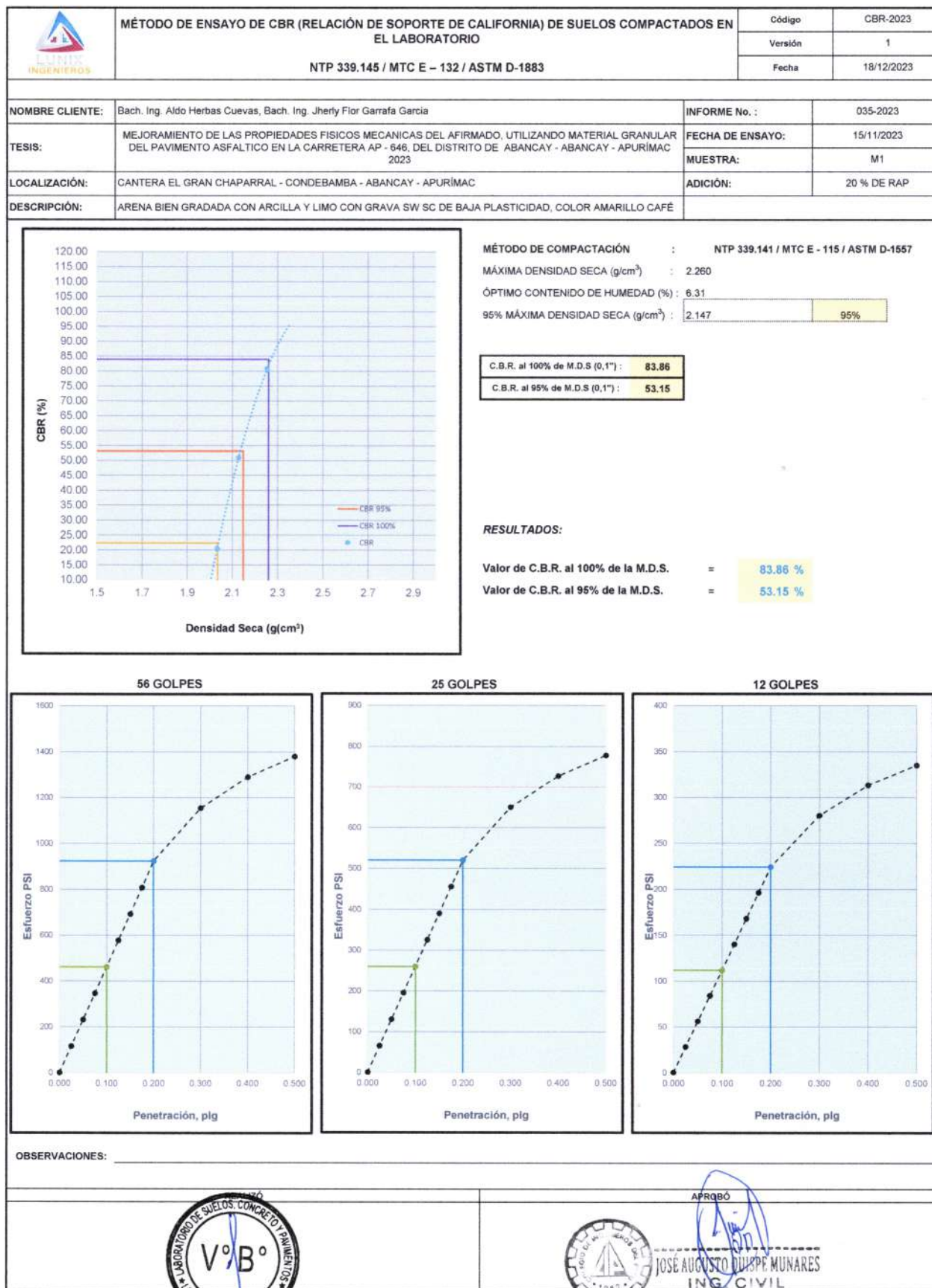


Figura 63 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G5) muestra M15 2 de 2

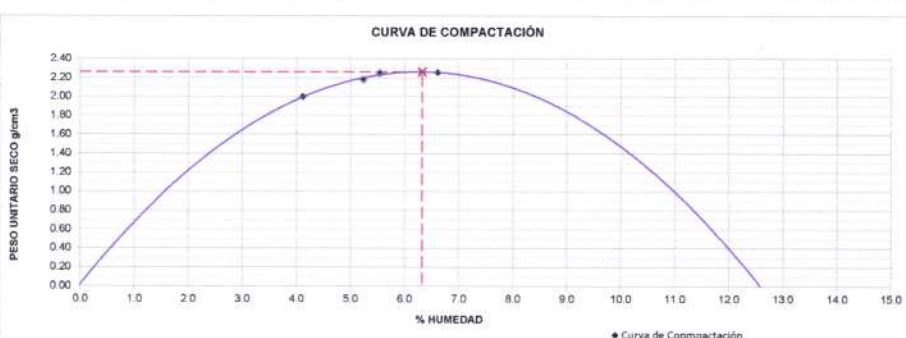
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	27/11/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M2																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE			ADICIÓN:	20 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10265	10720	10890	10950																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4425	4880	5050	5110																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	233.35	232.70	189.50	214.90																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	225.55	222.89	181.50	203.95																
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30																
MASA DEL AGUA	g	7.80	9.81	8.00	10.95																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	189.35	187.49	144.50	165.65																
% de HUMEDAD	%	4.1	5.2	5.5	6.6																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.08	2.29	2.37	2.40																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.00	2.18	2.25	2.25																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.59	21.38	22.06	22.10																
	lbf/ft ³	124.74	136.11	140.44	140.68																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.26</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.2</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>6.32</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.26	g/cm ³	22.2	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.32		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.26	g/cm ³																				
22.2	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
6.32																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
			APROBÓ  JOSÉ AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

Figura 64 — Resultado proctor modificado grupo experimental 5 (G5) muestra M25

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023										
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	27/11/2023										
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M2										
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE		ADICIÓN:	20 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	7		8											
Capas N°	5		5											
Golpes por Capa N°	56		25											
	12													
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO										
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12430.00	12510.00	11900.00	12040.00										
Peso de molde (g)	7470.00	7470.00	7250.00	7250.00										
Peso del Suelo húmedo (g)	4960.00	5040.00	4650.00	4790.00										
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.331	2.37	2.185	2.25										
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10										
Peso suelo húmedo + tara (g)	296	396.2	319.70	471.64										
Peso suelo seco + tara (g)	288.5	374.2	310.00	440.54										
Peso tara (g)	34.7	33.5	37.80	32.74										
Peso de agua (g)	7.50	22	9.70	31.1										
Peso de suelo seco (g)	253.80	340.7	272.20	407.8										
Contenido de humedad (%)	2.96	6.46	3.56	7.63										
Densidad seca (g/cm³)	2.28	2.22	2.11	2.09										
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
27/11/23	16:45	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
28/11/23	16:45	24.00	1	0.010	0.0	3	0.030	0.0	7	0.070	0.1			
29/11/23	16:45	48.00	7	0.070	0.1	10	0.100	0.1	13	0.130	0.1			
30/11/23	16:45	72.00	11	0.110	0.1	16	0.160	0.1	15	0.150	0.1			
01/12/23	16:45	96.00	16	0.160	0.1	18	0.180	0.2	19	0.190	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0	
0.635	0.025		992	330.7	330.7		518	172.7	172.7		308	102.7	102.7	
1.270	0.050		1546	515.3	515.3		856	285.3	285.3		460	153.3	153.3	
1.905	0.075		2066	688.7	688.7		1196	398.7	398.7		602	200.7	200.7	
2.540	0.100	70.455	2562	854.0	854.0	85.4	1506	502.0	502.0	50.2	732	244.0	244.0	
3.175	0.125		2960	986.7	986.7		1730	576.7	576.7		832	277.3	277.3	
3.810	0.150		3402	1134.0	1134.0		1892	630.7	630.7		934	311.3	311.3	
4.445	0.175		3818	1272.7	1272.7		2096	698.7	698.7		1012	337.3	337.3	
5.080	0.200	105.680	4180	1393.3	1393.3	92.9	2264	754.7	754.7	50.3	1090	363.3	363.3	
7.620	0.300		5322	1774.0	1774.0		2776	925.3	925.3		1320	440.0	440.0	
10.160	0.400		6208	2069.3	2069.3		3174	1058.0	1058.0		1556	518.7	518.7	
12.700	0.500		6846	2282.0	2282.0		3528	1176.0	1176.0		1748	582.7	582.7	
OBSERVACIONES:														
 APROBO  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 65 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G₅) muestra M₂₅ 1 de 2

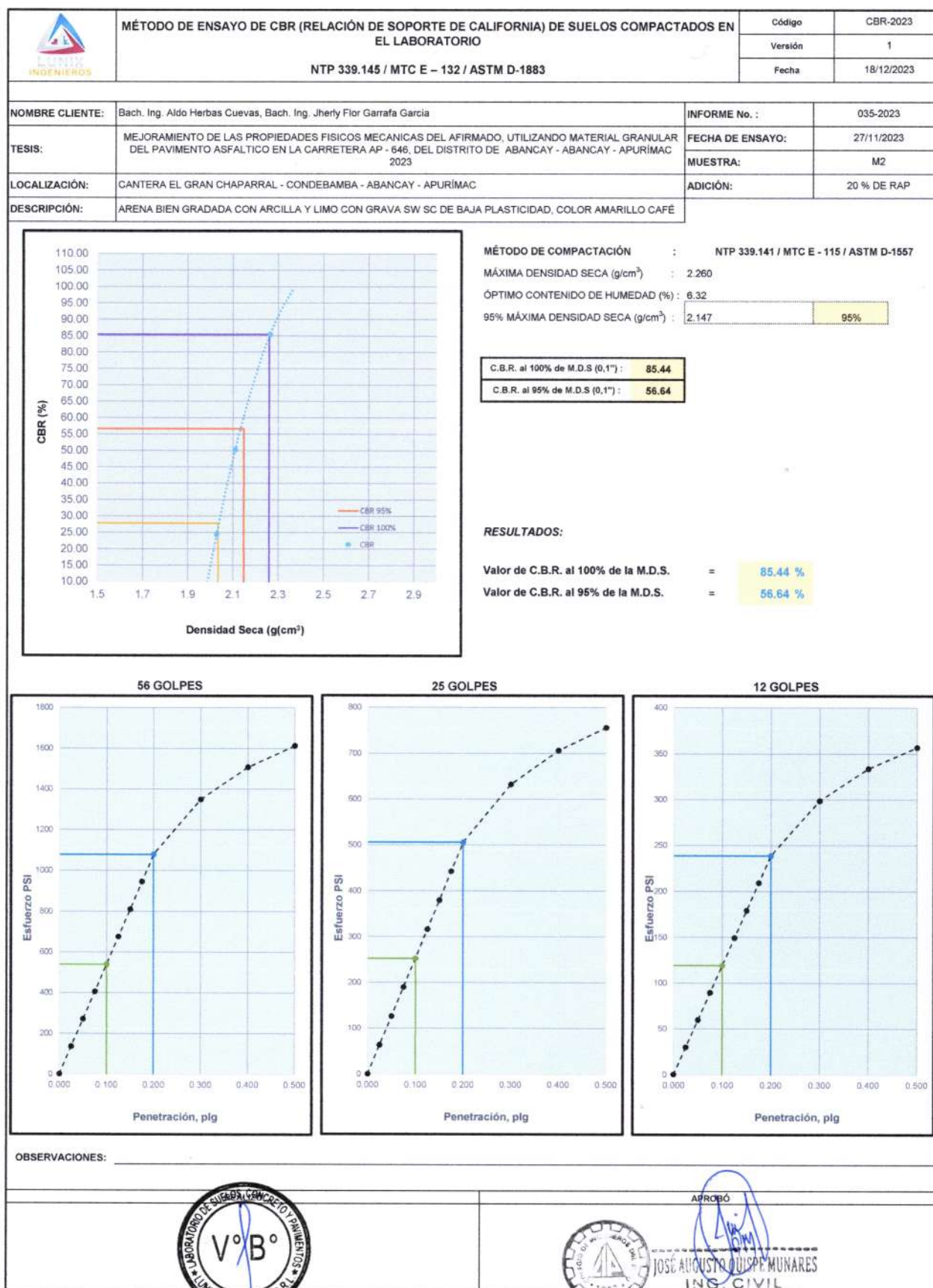


Figura 66 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G₅) muestra M₂₅ 2 de 2

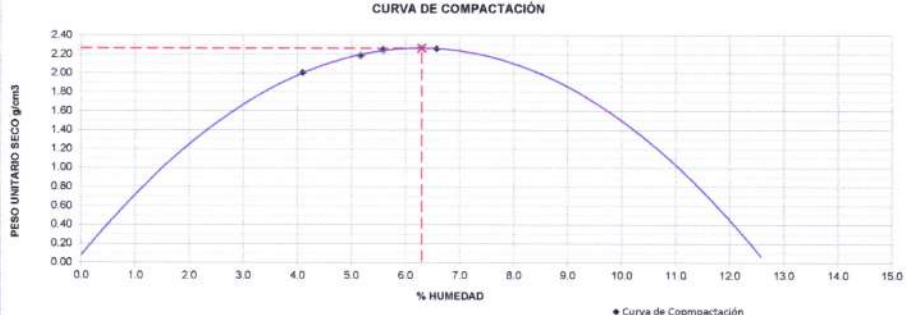
	INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023																
	RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1																
	NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023																
					Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE				ADICIÓN:	20 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																	
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																	
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																	
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																	
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10275	10730	10892	10960																	
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																	
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4435	4890	5052	5120																	
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																						
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12																	
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	233.30	232.78	189.65	214.84																	
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	225.51	222.98	181.65	203.89																	
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34																	
MASA DEL AGUA	g	7.79	9.80	8.00	10.95																	
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	189.99	189.53	143.25	166.55																	
% de HUMEDAD	%	4.1	5.2	5.6	6.6																	
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																						
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	2.09	2.30	2.38	2.41																	
DENSIDAD SECA	g/cm ³	2.00	2.19	2.25	2.26																	
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.64	21.44	22.06	22.15																	
	lbft/piel ³	125.04	136.47	140.43	141.00																	
						<table border="1"> <tr> <td colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</td> </tr> <tr> <td>2.27</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>22.3</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</td> </tr> <tr> <td>6.30</td> <td></td> </tr> <tr> <td colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </table>	PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.27	g/cm ³	22.3	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		6.30		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																						
2.27	g/cm ³																					
22.3	kN/m ³																					
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																						
6.30																						
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																						
NO REQUIERE	kN/m ³																					
NO REQUIERE	kg/m ³																					
OBSERVACIONES:																						
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																						
REVISÓ 				APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

Figura 67 — Resultado proctor modificado grupo experimental 5 (G₅) muestra M₃₅

		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023							
						Versión	1							
						Fecha	18/12/2023							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No. :	035-2023								
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023								
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3								
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	20 % DE RAP								
COMPACTACIÓN														
Molde N°	7		8		9									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12320.00	12470.00	11900.00	12040.00	11680.00	11890.00								
Peso de molde (g)	7470.00	7470.00	7250.00	7250.00	7200.00	7200.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4850.00	5000.00	4650.00	4790.00	4480.00	4690.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.279	2.35	2.185	2.25	2.105	2.20								
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18								
Peso suelo húmedo + tara (g)	288.90	186.10	315.70	472.30	347.30	497.10								
Peso suelo seco + tara (g)	279.70	175.10	306.00	438.60	335.80	457.40								
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.40	33.10	38.10								
Peso de agua (g)	9.20	11.00	9.70	33.70	11.50	39.70								
Peso de suelo seco (g)	242.50	139.80	272.20	405.20	302.70	419.30								
Contenido de humedad (%)	3.79	7.87	3.56	8.32	3.80	9.47								
Densidad seca (g/cm³)	2.20	2.18	2.11	2.08	2.03	2.01								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
13/12/23	14:10	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
14/12/23	14:10	24.00	1	0.010	0.0	3	0.030	0.0	7	0.070	0.1			
15/12/23	14:10	48.00	8	0.080	0.1	9	0.090	0.1	12	0.120	0.1			
16/12/23	14:10	72.00	11	0.110	0.1	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1			
17/12/23	14:10	96.00	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2	20	0.200	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		548	182.67	182.67		296	98.67	98.67		154	51.33	51.33	
1.270	0.050		1262	420.67	420.67		682	227.33	227.33		354	118.00	118.00	
1.905	0.075		1800	600.00	600.00		974	324.67	324.67		506	168.67	168.67	
2.540	0.100	70.455	2004	668.00	668.00	66.80	1084	361.33	361.33	36.13	562	187.33	187.33	
3.175	0.125		2556	852.00	852.00		1382	460.67	460.67		716	238.67	238.67	
3.810	0.150		2870	956.67	956.67		1550	516.67	516.67		804	268.00	268.00	
4.445	0.175		3050	1016.67	1016.67		1648	549.33	549.33		856	285.33	285.33	
5.080	0.200	105.680	3344	1114.67	1114.67	74.31	1806	602.00	602.00	40.13	938	312.67	312.67	
7.620	0.300		4056	1352.00	1352.00		2192	730.67	730.67		1136	378.67	378.67	
10.160	0.400		4690	1563.33	1563.33		2534	844.67	844.67		1314	438.00	438.00	
12.700	0.500		5130	1710.00	1710.00		2772	924.00	924.00		1438	479.33	479.33	
OBSERVACIONES:														
  APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 68 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G₅) muestra M₃₅ 1 de 2

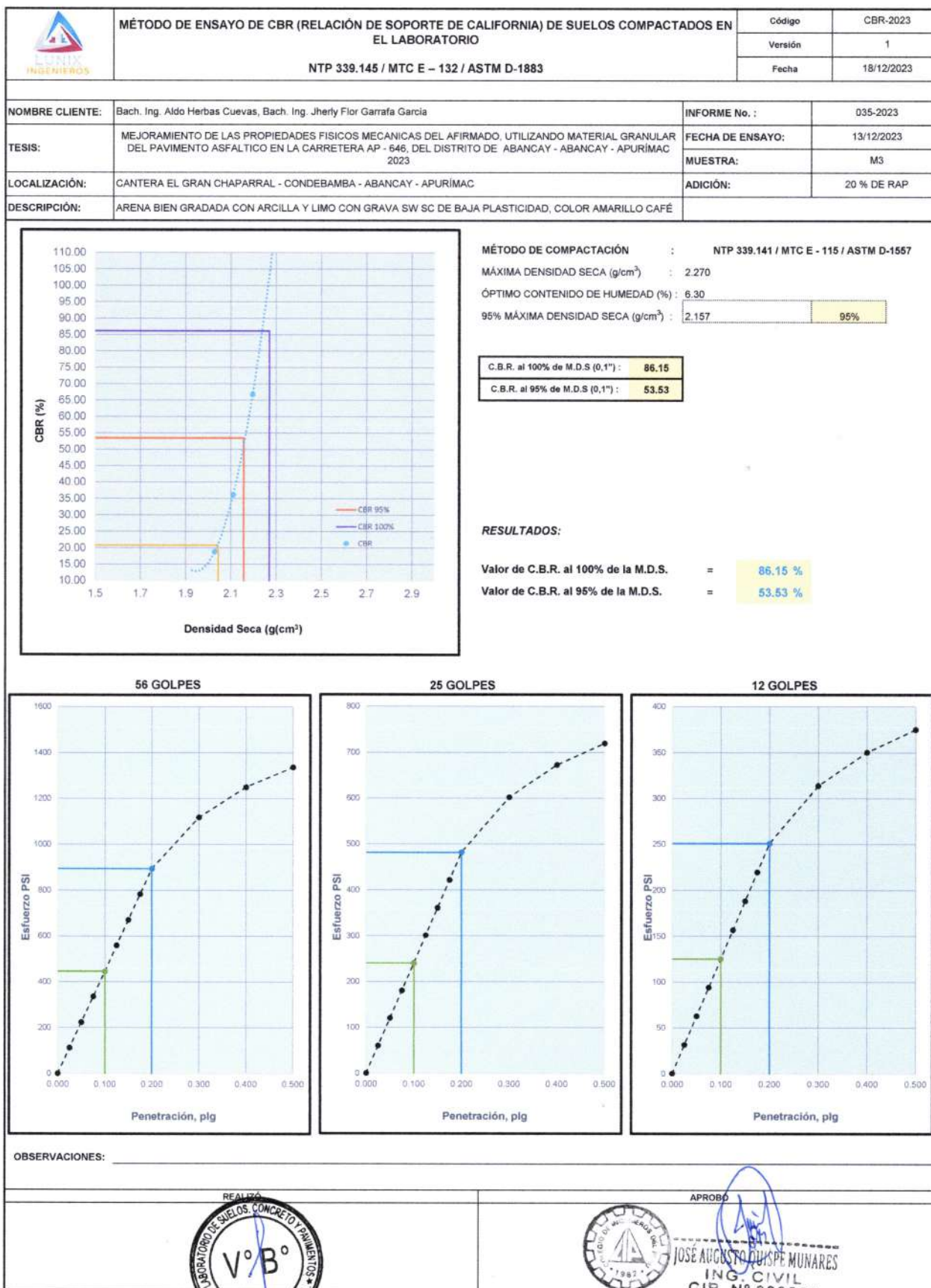


Figura 69 — Resultado CBR grupo experimental 5 (G₅) muestra M₃₅ 2 de 2

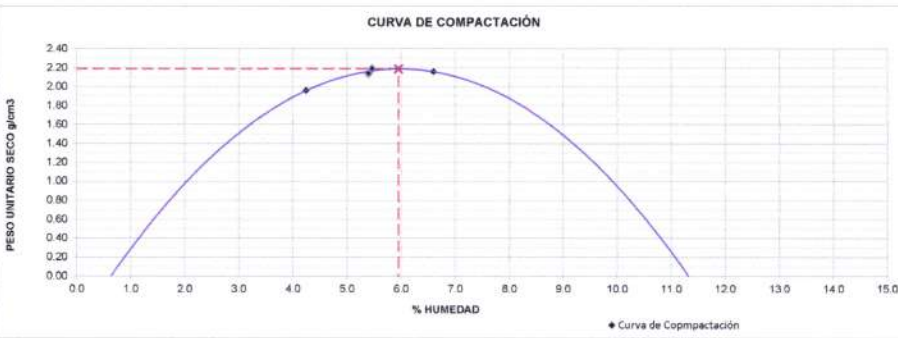
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia					INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023					FECHA DE ENSAYO:	19/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC					MUESTRA:	M1
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ					ADICIÓN:	25% DE RAP
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS						METODO DE ENSAYO:	
PRUEBA	Und	1	2	3	4	C	
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10182	10633	10756	10733		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4342	4793	4916	4893		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	250.38	244.57	206.40	230.38		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	241.63	233.76	197.70	218.43		
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34		
MASA DEL AGUA	g	8.75	10.81	8.70	11.95		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	206.11	200.31	159.30	181.09		
% de HUMEDAD	%	4.2	5.4	5.5	6.6		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm³	2.04	2.25	2.31	2.30		
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.96	2.14	2.19	2.16		
PESO UNITARIO SECO	kN/m³	19.20	20.97	21.49	21.16		
	lb/ft³	122.25	133.47	136.81	134.72		
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.19 g/cm³ 21.48 kN/m³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.6 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m³ NO REQUIERE kg/m³	
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
				APROBO  JOSÉ AUGUSTO ONTISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569			

Figura 70 — Resultado proctor modificado grupo experimental 6 (G6) muestra M16

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia														
TESES: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				FECHA DE ENSAYO: 19/11/2023										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M1										
ADICIÓN: 25% DE RAP														
COMPACTACIÓN														
Molde N°	7		8		9									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12310.00	12460.00	11890.00	12070.00	11890.00	11880.00								
Peso de molde (g)	7470.00	7470.00	7250.00	7250.00	7200.00	7200.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4840.00	4990.00	4640.00	4820.00	4490.00	4680.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.274	2.34	2.180	2.27	2.110	2.20								
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18								
Peso suelo húmedo + tara (g)	269.40	345.50	354.50	319.90	247.50	340.60								
Peso suelo seco + tara (g)	261.70	323.10	344.30	297.80	240.30	316.80								
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.40	33.10	36.10								
Peso de agua (g)	7.70	22.40	10.20	22.10	7.20	23.80								
Peso de suelo seco (g)	224.50	267.80	310.50	264.40	207.20	278.70								
Contenido de humedad (%)	3.43	7.78	3.29	8.36	3.47	8.54								
Densidad seca (g/cm³)	2.20	2.18	2.11	2.09	2.04	2.03								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%						
19/11/23	15:50	0	0	0.000	0	0	0.000	0						
20/11/23	15:50	24.00	1	0.010	0.0	4	0.040	0.0						
21/11/23	15:50	48.00	9	0.090	0.1	11	0.110	0.1						
22/11/23	15:50	72.00	12	0.120	0.1	15	0.150	0.1						
23/11/23	15:50	96.00	14	0.140	0.1	19	0.190	0.2						
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°			7	MOLDE N°			8	MOLDE N°			9
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		778	259.33	259.33		494	164.67	164.67		412	137.33	137.33	
1.270	0.050		1394	464.67	464.67		856	285.33	285.33		628	209.33	209.33	
1.905	0.075		1954	651.33	651.33		1155	385.00	385.00		796	265.33	265.33	
2.540	0.100	70.455	2510	836.67	836.67	83.67	1398	466.00	466.00	46.60	944	314.67	314.67	31.47
3.175	0.125		3010	1003.33	1003.33		1564	521.33	521.33		1054	351.33	351.33	
3.810	0.150		3471	1157.00	1157.00		1746	582.00	582.00		1154	384.67	384.67	
4.445	0.175		3876	1292.00	1292.00		1894	631.33	631.33		1233	411.00	411.00	
5.080	0.200	105.680	4264	1421.33	1421.33	94.78	2016	672.00	672.00	44.80	1336	445.33	445.33	29.69
7.620	0.300		5398	1799.33	1799.33		2476	825.33	825.33		1624	541.33	541.33	
10.160	0.400		6330	2110.00	2110.00		2834	944.67	944.67		1934	644.67	644.67	
12.700	0.500		7166	2388.67	2388.67		3152	1050.67	1050.67		2236	745.33	745.33	
OBSERVACIONES:														
  APROBÓ JOSÉ AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 71 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G₆) muestra M₁₆ 1 de 2

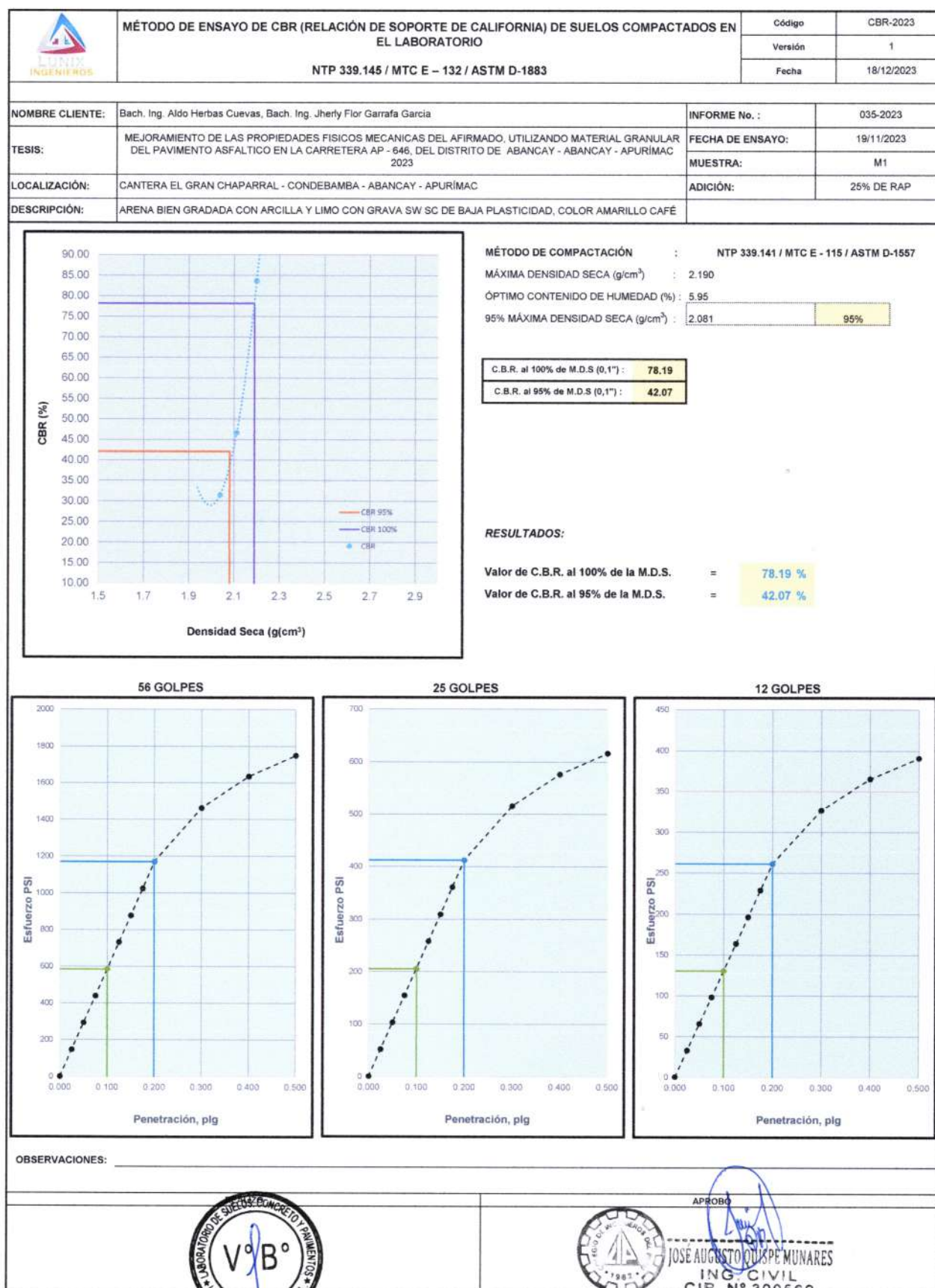


Figura 72 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G₆) muestra M₁₆ 2 de 2

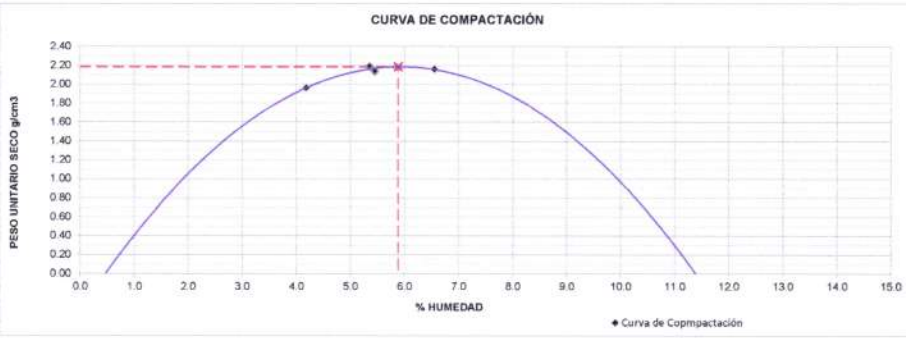
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023						
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1						
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023						
				Página 1 de 1							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No.	035-2023						
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	09/12/2023						
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M2						
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	25% DE RAP						
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C						
PRUEBA	Und	1	2	3	4						
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000						
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25						
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1						
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127						
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10185	10635	10750	10730						
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840						
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4345	4795	4910	4890						
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN											
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4						
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	250.35	244.55	206.44	230.36						
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	241.60	233.75	197.76	218.40						
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90						
MASA DEL AGUA	g	8.75	10.80	8.68	11.96						
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	209.17	198.12	162.20	182.50						
% de HUMEDAD	%	4.2	5.5	5.4	6.6						
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES											
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.04	2.25	2.31	2.30						
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.96	2.14	2.19	2.16						
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.23	20.96	21.49	21.16						
	lbt/ft ³	122.41	133.46	136.79	134.70						
											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.18</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>21.4</td> <td>kN/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.18	g/cm ³	21.4	kN/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO											
2.18	g/cm ³										
21.4	kN/m ³										
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>5.88</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						HUMEDAD ÓPTIMA (%)		5.88			
HUMEDAD ÓPTIMA (%)											
5.88											
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO											
NO REQUIERE	kN/m ³										
NO REQUIERE	kg/m ³										
OBSERVACIONES:											
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.											
											

Figura 73 — Resultado proctor modificado grupo experimental 6 (G₆) muestra M₂₆

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia														
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
				FECHA DE ENSAYO: 09/12/2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC				MUESTRA: M2										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE				ADICIÓN: 25% DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	2		3		1									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12230.00	12360.00	11970.00	12150.00	11800.00	11990.00								
Peso de molde (g)	7370.00	7370.00	7330.00	7330.00	7310.00	7310.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4860.00	4990.00	4640.00	4820.00	4490.00	4680.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.284	2.34	2.180	2.27	2.110	2.20								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	251.20	330.42	352.00	310.70	247.00	329.10								
Peso suelo seco + tara (g)	242.50	311.12	341.80	288.60	239.80	305.30								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	8.70	19.30	10.20	22.10	7.20	23.80								
Peso de suelo seco (g)	210.10	275.90	303.60	251.80	202.40	270.50								
Contenido de humedad (%)	4.14	7.00	3.36	8.78	3.56	8.80								
Densidad seca (g/cm³)	2.19	2.19	2.11	2.08	2.04	2.02								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%						
09/12/23	16.45	0	0	0.000	0	0	0.000	0						
10/12/23	16.45	24.00	2	0.020	0.0	3	0.030	0.0						
11/12/23	16.45	48.00	7	0.070	0.1	10	0.100	0.1						
12/12/23	16.45	72.00	10	0.100	0.1	14	0.140	0.1						
13/12/23	16.45	96.00	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2						
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N° 2				MOLDE N° 3				MOLDE N° 1			
mm	pulg.		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0		0	0.0	0.0	
0.635	0.025		754	251.3	251.3		488	162.7	162.7		352	117.3	117.3	
1.270	0.050		1384	461.3	461.3		858	286.0	286.0		632	210.7	210.7	
1.905	0.075		1902	634.0	634.0		1152	384.0	384.0		792	264.0	264.0	
2.540	0.100	70.455	2480	826.7	826.7	82.7	1406	488.7	488.7	46.9	942	314.0	314.0	31.4
3.175	0.125		2986	995.3	995.3		1554	518.0	518.0		1046	348.7	348.7	
3.810	0.150		3462	1154.0	1154.0		1738	579.3	579.3		1158	386.0	386.0	
4.445	0.175		3882	1294.0	1294.0		1896	632.0	632.0		1234	411.3	411.3	
5.080	0.200	105.680	4208	1402.7	1402.7	93.5	2018	672.7	672.7	44.8	1334	444.7	444.7	29.6
7.620	0.300		5396	1798.7	1798.7		2472	824.0	824.0		1622	540.7	540.7	
10.160	0.400		6342	2114.0	2114.0		2838	946.0	946.0		1936	645.3	645.3	
12.700	0.500		7148	2382.7	2382.7		3146	1048.7	1048.7		2240	746.7	746.7	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 74 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G₆) muestra M₂₆ 1 de 2

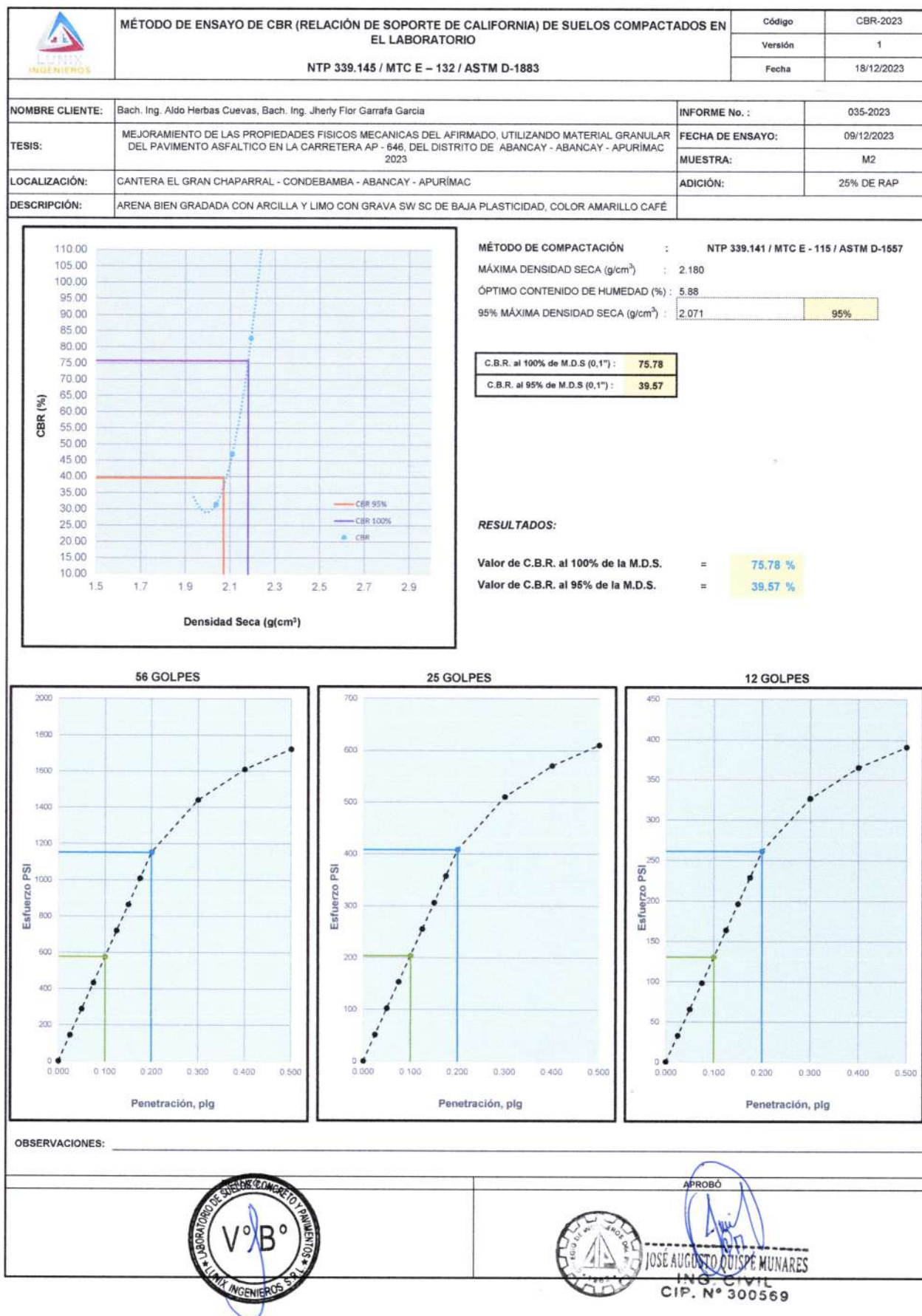


Figura 75 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G₆) muestra M₂₆ 2 de 2

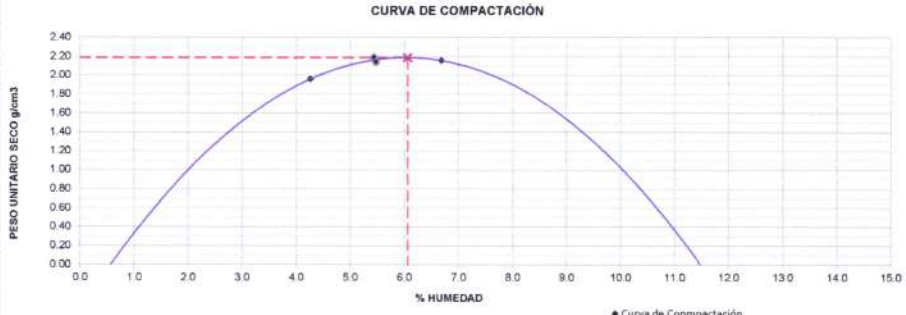
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garza García				INFORME No.	035-2023	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	25% DE RAP	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	10180	10630	10750	10730		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4340	4790	4910	4890		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	250.38	244.60	208.45	230.44		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	241.63	233.75	197.72	218.40		
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30		
MASA DEL AGUA	g	8.75	10.85	8.73	12.04		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	205.43	198.35	160.72	180.10		
% de HUMEDAD	%	4.3	5.5	5.4	6.7		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPÉCIMENES							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm ³	2.04	2.25	2.31	2.30		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.96	2.14	2.19	2.15		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	19.19	20.94	21.47	21.13		
	lbt/ft ³	122.18	133.30	136.69	134.53		
					PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.19 g/cm ³ 21.5 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 6.06 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³		
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
REVISÓ 				APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569			

Figura 76 — Resultado proctor modificado grupo experimental 6 (G₆) muestra M₃₆

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023										
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023										
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M3										
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE		ADICIÓN:	25% DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	5		6											
Capas N°	5		5											
Golpes por Capa N°	56		25											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO										
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12350.00	12310.00	11890.00	12070.00										
Peso de molde (g)	7400.00	7400.00	7230.00	7230.00										
Peso del Suelo húmedo (g)	4950.00	4910.00	4660.00	4840.00										
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.326	2.31	2.190	2.27										
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10										
Peso suelo húmedo + tara (g)	262.00	207.40	351.60	306.64										
Peso suelo seco + tara (g)	252.90	193.54	341.40	284.54										
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74										
Peso de agua (g)	9.10	13.86	10.20	22.10										
Peso de suelo seco (g)	218.20	160.04	303.60	251.80										
Contenido de humedad (%)	4.17	8.66	3.36	8.78										
Densidad seca (g/cm³)	2.23	2.12	2.12	2.09										
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
13/12/23	18:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
14/12/23	18:00	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0	8	0.080	0.1			
15/12/23	18:00	48.00	9	0.090	0.1	9	0.090	0.1	12	0.120	0.1			
16/12/23	18:00	72.00	12	0.120	0.1	15	0.150	0.1	15	0.150	0.1			
17/12/23	18:00	96.00	16	0.160	0.1	18	0.180	0.2	21	0.210	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND. kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
mm	pulg.		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		822	274.00	274.00		444	148.00	148.00		232	77.33	77.33	
1.270	0.050		1654	551.33	551.33		894	298.00	298.00		464	154.67	154.67	
1.905	0.075		2310	770.00	770.00		1248	416.00	416.00		648	216.00	216.00	
2.540	0.100	70.455	2734	911.33	911.33	91.13	1432	477.33	477.33	47.73	784	261.33	261.33	26.13
3.175	0.125		3250	1083.33	1083.33		1756	585.33	585.33		912	304.00	304.00	
3.810	0.150		3640	1213.33	1213.33		1966	655.33	655.33		1020	340.00	340.00	
4.445	0.175		4022	1340.67	1340.67		2172	724.00	724.00		1128	376.00	376.00	
5.080	0.200	105.680	4310	1436.67	1436.67	95.78	2328	776.00	776.00	51.73	1208	402.67	402.67	26.84
7.620	0.300		5284	1761.33	1761.33		2854	951.33	951.33		1480	493.33	493.33	
10.160	0.400		6122	2040.67	2040.67		3306	1102.00	1102.00		1716	572.00	572.00	
12.700	0.500		6716	2238.67	2238.67		3628	1209.33	1209.33		1882	627.33	627.33	
OBSERVACIONES:														
  APROBO JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 77 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G₆) muestra M₃₆ 1 de 2

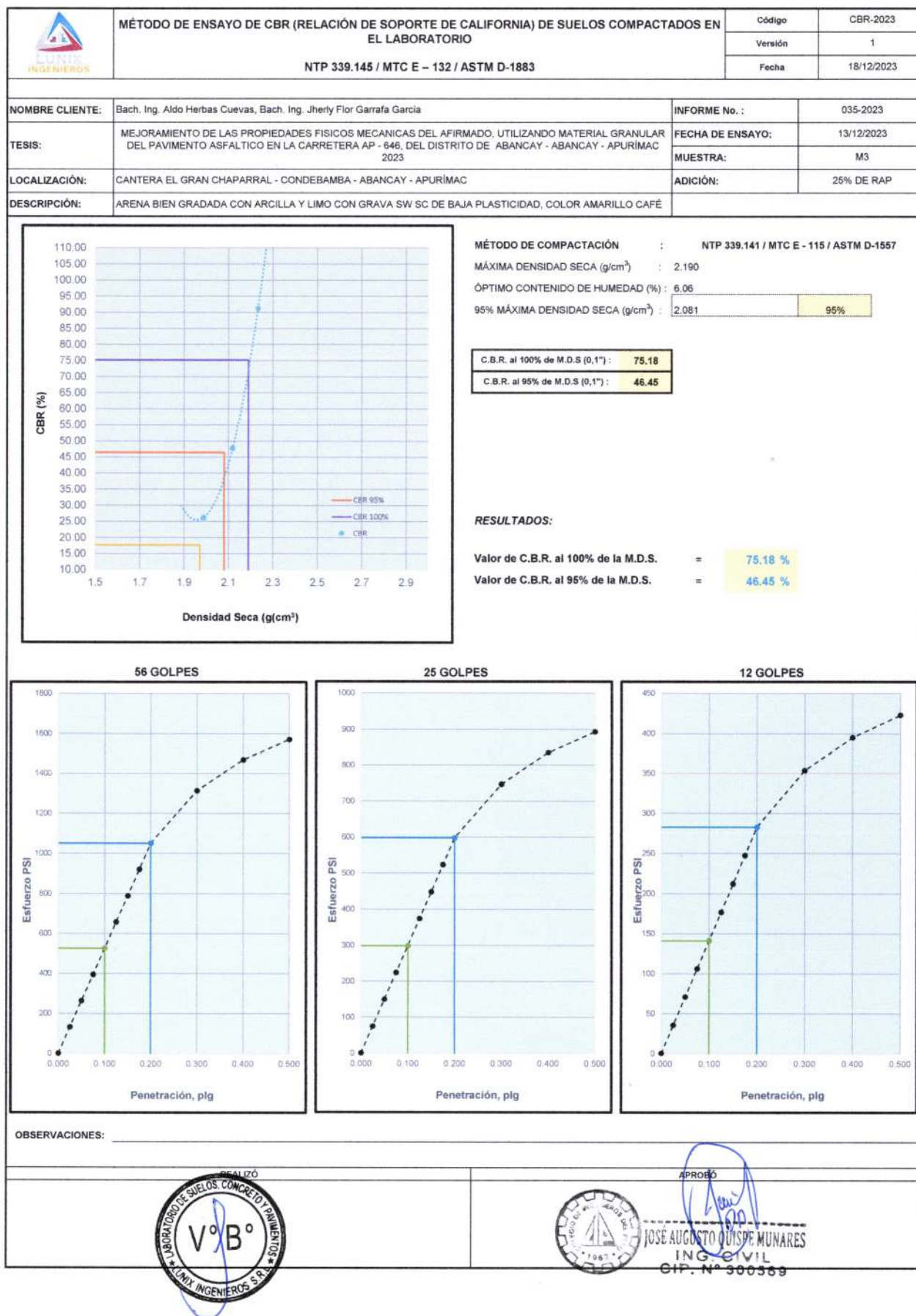


Figura 78 — Resultado CBR grupo experimental 6 (G₆) muestra M₃₆ 2 de 2

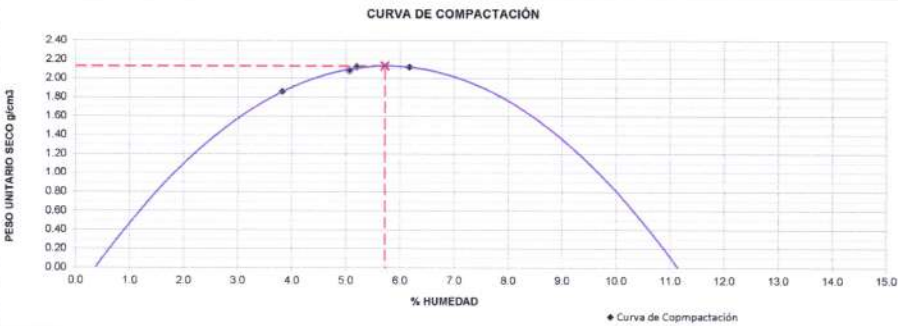
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
						Fecha	18/12/2023
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Fior Garrafa Garcia				INFORME No.	035-2023	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M1	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	30 % DE RAP	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9940	10490	10590	10620		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4100	4650	4750	4780		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	249.33	240.79	200.94	228.24		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	241.48	230.88	192.84	217.19		
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30		
MASA DEL AGUA	g	7.85	9.91	8.10	11.05		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	205.28	195.48	155.84	178.89		
% de HUMEDAD	%	3.8	5.1	5.2	6.2		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES							
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	1.93	2.19	2.23	2.25		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.86	2.08	2.12	2.12		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	18.21	20.40	20.82	20.76		
	lbf/ft ³	115.90	129.89	132.53	132.13		
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.13 g/cm ³ 20.89 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 5.72 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³	
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
							

Figura 79 — Resultado proctor modificado grupo experimental 7 (G₇) muestra M₁₇

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023					
					Versión	1					
					Fecha	18/12/2023					
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia											
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023				INFORME No. : 035-2023							
				FECHA DE ENSAYO: 15/11/2023							
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC				MUESTRA: M1							
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN: 30 % DE RAP							
COMPACTACIÓN											
Molde N°	1		2		3						
Capas N°	5		5		5						
Golpes por Capa N°	56		25		12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO					
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11950.00	12110.00	11760.00	11960.00	11560.00	11830.00					
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7330.00	7330.00	7370.00	7370.00					
Peso del Suelo húmedo (g)	4640.00	4800.00	4430.00	4630.00	4190.00	4460.00					
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00					
Densidad húmeda (g/cm³)	2.180	2.26	2.082	2.18	1.969	2.10					
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10	C11	C12					
Peso suelo húmedo + tara (g)	203.70	230.00	236.70	283.64	211.40	273.80					
Peso suelo seco + tara (g)	198.80	217.00	229.30	264.94	203.20	253.40					
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74	35.80	36.50					
Peso de agua (g)	4.90	13.00	7.40	18.70	8.20	20.40					
Peso de suelo seco (g)	164.10	183.50	191.50	232.20	167.40	216.90					
Contenido de humedad (%)	2.99	7.08	3.86	8.05	4.90	9.41					
Densidad seca (g/cm³)	2.12	2.11	2.00	2.01	1.88	1.92					
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%			
15/11/23	15:50	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
16/11/23	15:50	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0			
17/11/23	15:50	48.00	7	0.070	0.1	8	0.080	0.1			
18/11/23	15:50	72.00	10	0.100	0.1	13	0.130	0.1			
19/11/23	15:50	96.00	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1			
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°		1	MOLDE N°		2	MOLDE N°		3
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)
0.000	0.000		0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.635	0.025		324	108.00	108.00	236	78.67	78.67	204	68.00	68.00
1.270	0.050		934	311.33	311.33	506	168.67	168.67	310	103.33	103.33
1.905	0.075		1384	461.33	461.33	738	246.00	246.00	394	131.33	131.33
2.540	0.100	70.455	1828	609.33	609.33	938	312.67	312.67	454	151.33	151.33
3.175	0.125		2064	688.00	688.00	1112	370.67	370.67	500	166.67	166.67
3.810	0.150		2332	777.33	777.33	1286	428.67	428.67	552	184.00	184.00
4.445	0.175		2584	861.33	861.33	1416	472.00	472.00	590	196.67	196.67
5.080	0.200	105.680	2842	947.33	947.33	1536	512.00	512.00	640	213.33	213.33
5.715	0.225		3100	1033.33	1033.33	1666	560.00	560.00	700	233.33	233.33
6.350	0.250		3360	1120.00	1120.00	1800	600.00	600.00	760	253.33	253.33
6.985	0.275		3620	1206.67	1206.67	1930	640.00	640.00	820	273.33	273.33
7.620	0.300		3880	1293.33	1293.33	2060	680.00	680.00	880	293.33	293.33
8.255	0.325		4140	1380.00	1380.00	2190	720.00	720.00	940	313.33	313.33
8.890	0.350		4400	1466.67	1466.67	2320	760.00	760.00	1000	333.33	333.33
9.525	0.375		4660	1553.33	1553.33	2450	800.00	800.00	1060	353.33	353.33
10.160	0.400		4920	1640.00	1640.00	2580	840.00	840.00	1120	373.33	373.33
10.795	0.425		5180	1726.67	1726.67	2710	880.00	880.00	1180	393.33	393.33
11.430	0.450		5440	1813.33	1813.33	2840	920.00	920.00	1240	413.33	413.33
12.065	0.475		5700	1900.00	1900.00	2970	960.00	960.00	1300	433.33	433.33
12.700	0.500		5960	1986.67	1986.67	3100	1000.00	1000.00	1360	453.33	453.33
OBSERVACIONES:											
											

Figura 80 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G7) muestra M17 1 de 2

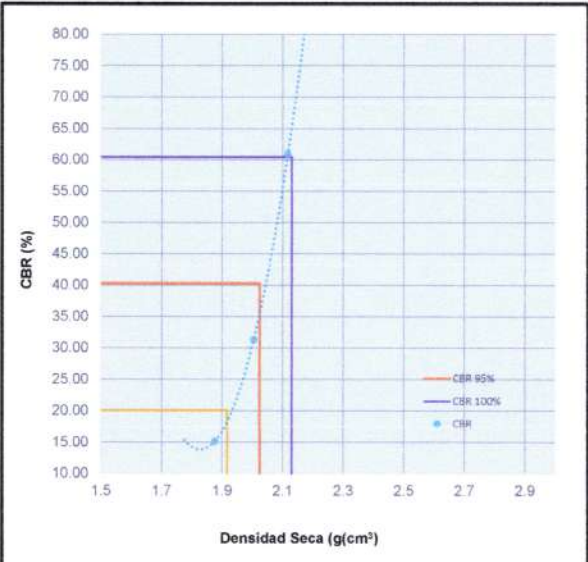
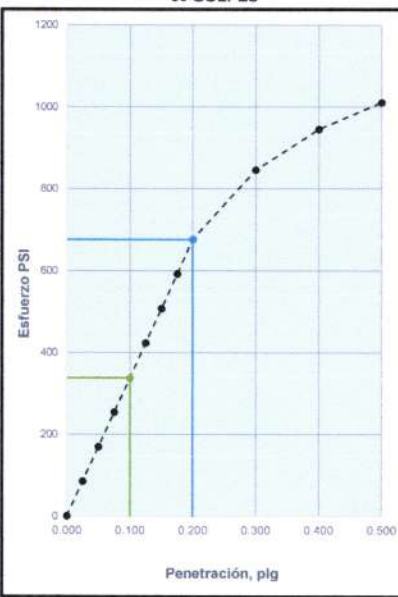
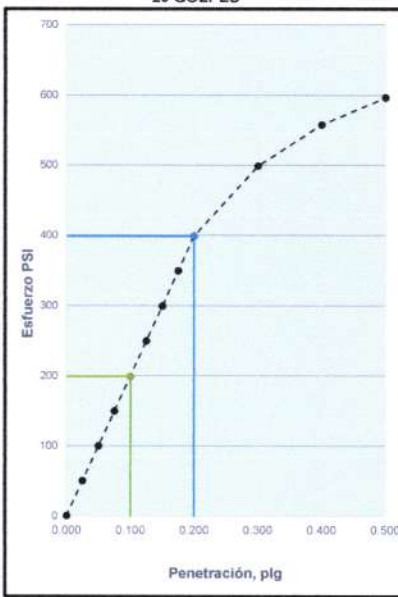
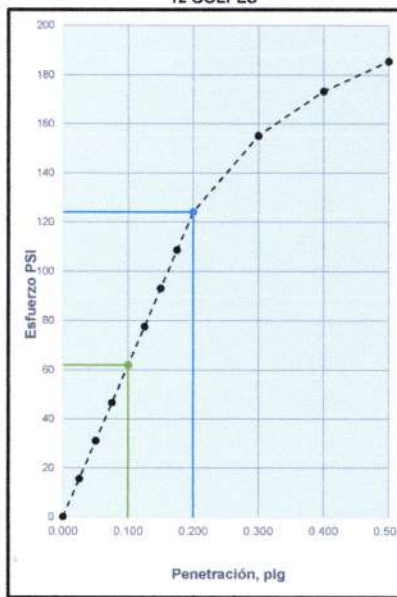
	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023				
			Versión	1				
			Fecha	18/12/2023				
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia			INFORME No. : 035-2023					
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO: 15/11/2023					
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA: M1					
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN: 30 % DE RAP					
			MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.130 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.72 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.024 95% <table border="1"> <tr> <td>C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :</td> <td>60.48</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :</td> <td>40.32</td> </tr> </table>		C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	60.48	C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	40.32
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	60.48							
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	40.32							
RESULTADOS: Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 60.48 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 40.32 %								
56 GOLPES 			25 GOLPES 					
12 GOLPES 								
OBSERVACIONES:								
REALIZÓ 			APROBÓ 					

Figura 81 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G7) muestra M17 2 de 2

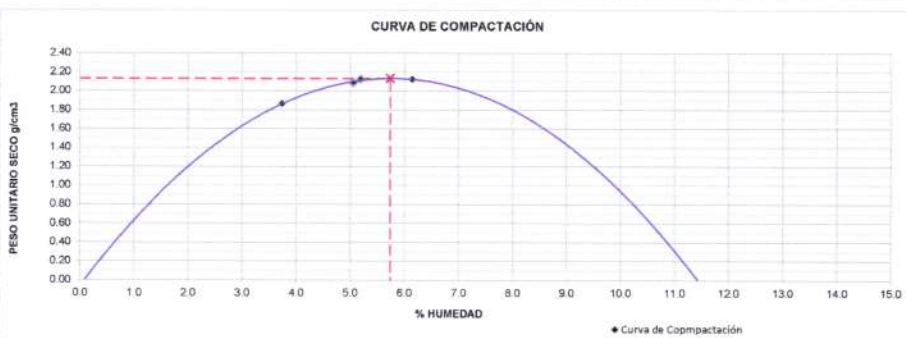
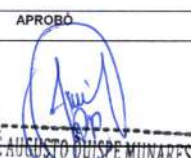
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
						Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557					
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No.	035-2023	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	27/11/2023	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M2	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	30 % DE RAP	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9945	10495	10592	10625		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4105	4655	4752	4785		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	249.22	240.83	200.90	226.20		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	241.52	230.85	192.88	217.15		
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34		
MASA DEL AGUA	g	7.70	9.98	8.02	11.05		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	206.00	197.40	154.48	179.81		
% de HUMEDAD	%	3.7	5.1	5.2	6.1		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm³	1.93	2.19	2.23	2.25		
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.86	2.08	2.12	2.12		
PESO UNITARIO SECO	kN/m³	18.24	20.43	20.83	20.78		
	lbf/ft³	116.14	130.05	132.59	132.31		
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.13 g/cm³ 20.89 kN/m³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 5.74 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m³ NO REQUIERE kg/m³	
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
				APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUIJPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569			

Figura 82 — Resultado proctor modificado grupo experimental 7 (G7) muestra M27

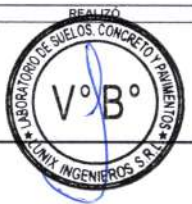
 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023											
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	27/11/2023											
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M2											
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	30 % DE RAP											
COMPACTACIÓN														
Molde N°	4	5	6											
Capas N°	5	5	5											
Golpes por Capa N°	56	25	12											
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO											
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11960.00	12100.00	11840.00											
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7400.00											
Peso del Suelo húmedo (g)	4650.00	4790.00	4440.00											
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00											
Densidad húmeda (g/cm³)	2.185	2.25	2.09											
Tara (N°)	C13	C14	C15											
Peso suelo húmedo + tara (g)	192.90	220.00	271.70											
Peso suelo seco + tara (g)	187.90	207.00	251.00											
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.40											
Peso de agua (g)	5.00	13.00	20.70											
Peso de suelo seco (g)	150.70	171.70	162.60											
Contenido de humedad (%)	3.32	7.57	9.51											
Densidad seca (g/cm³)	2.11	2.09	1.98											
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
27/11/23	17:10	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
28/11/23	17:10	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0	9	0.090	0.1			
29/11/23	17:10	48.00	8	0.080	0.1	9	0.090	0.1	15	0.150	0.1			
30/11/23	17:10	72.00	12	0.120	0.1	15	0.150	0.1	17	0.170	0.1			
01/12/23	17:10	96.00	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2	19	0.190	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		330	110.16	110.16		241	80.24	80.24		208	69.36	69.36	
1.270	0.050		953	317.56	317.56		516	172.04	172.04		316	105.40	105.40	
1.905	0.075		1412	470.56	470.56		753	250.92	250.92		402	133.96	133.96	
2.540	0.100	70.455	1865	621.52	621.52	62.15	957	318.92	318.92	31.89	463	154.36	154.36	15.44
3.175	0.125		2105	701.76	701.76		1134	378.08	378.08		510	170.00	170.00	
3.810	0.150		2379	792.88	792.88		1312	437.24	437.24		563	187.68	187.68	
4.445	0.175		2636	878.56	878.56		1444	481.44	481.44		602	200.60	200.60	
5.080	0.200	105.680	2899	966.28	966.28	64.42	1567	522.24	522.24	34.82	653	217.60	217.60	14.51
7.620	0.300		3635	1211.76	1211.76		1944	648.04	648.04		826	275.40	275.40	
10.160	0.400		4335	1445.00	1445.00		2158	719.44	719.44		975	325.04	325.04	
12.700	0.500		4953	1651.04	1651.04		2342	780.64	780.64		1085	361.76	361.76	
OBSERVACIONES:														
														

Figura 83 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G7) muestra M27 1 de 2

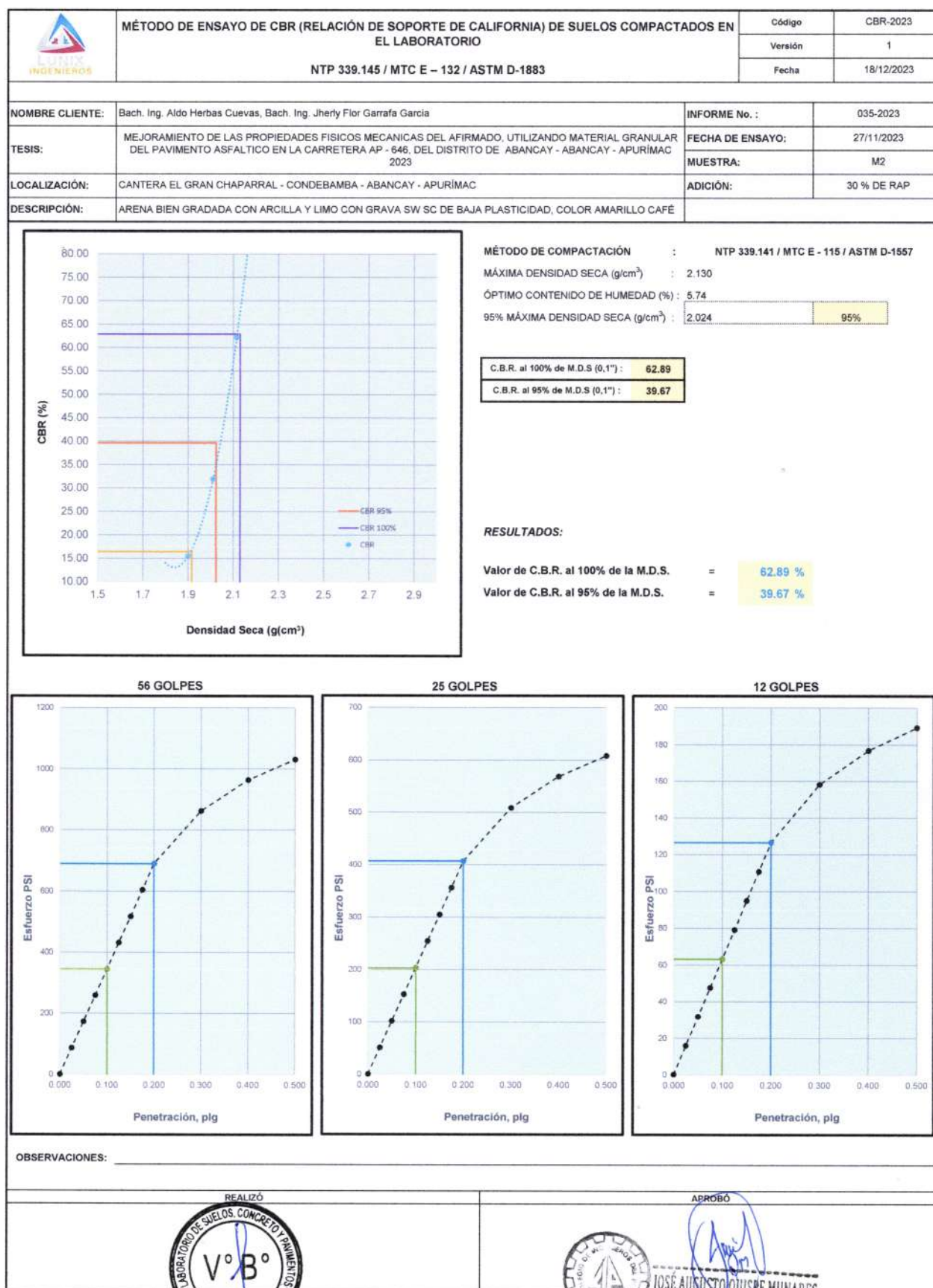


Figura 84 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G₇) muestra M₂₇ 2 de 2

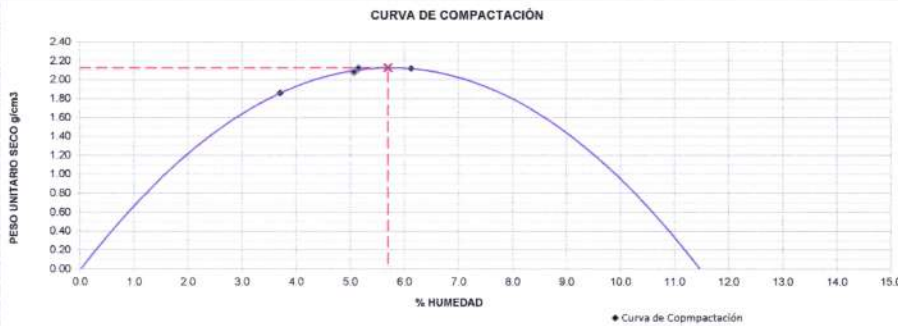
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García				INFORME No.	035-2023	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 846, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	27/11/2023	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	30% DE RAP	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		
PRUEBA	Und	1	2	3	4	C	
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9935	10486	10585	10618		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4095	4646	4745	4776		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	249.40	240.80	200.86	228.20		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	241.65	230.90	192.76	217.10		
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90		
MASA DEL AGUA	g	7.75	9.90	8.10	11.10		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	209.22	195.27	157.20	181.20		
% de HUMEDAD	%	3.7	5.1	5.2	6.1		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPÉCIMENES							
DENSIDAD HUMEDA	g/cm³	1.93	2.18	2.23	2.25		
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.86	2.08	2.12	2.12		
PESO UNITARIO SECO	kN/m³	18.21	20.39	20.80	20.75		
	lbft/ft³	115.90	129.78	132.44	132.09		
					PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.13 g/cm³ 20.89 kN/m³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 5.70 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m³ NO REQUIERE kg/m³		
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
				APROBÓ 			

Figura 85 — Resultado proctor modificado grupo experimental 7 (G7) muestra M37

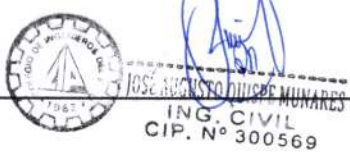
		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023							
						Versión	1							
						Fecha	18/12/2023							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No. :	035-2023								
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	27/11/2023								
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3								
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE				ADICIÓN:	30% DE RAP								
COMPACTACIÓN														
Molde N°	9		8		7									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11940.00	12100.00	11700.00	11860.00	11670.00	11910.00								
Peso de molde (g)	7200.00	7200.00	7250.00	7250.00	7470.00	7470.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4740.00	4900.00	4450.00	4610.00	4200.00	4440.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.227	2.30	2.091	2.17	1.974	2.09								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	293.70	232.62	230.20	275.10	206.20	263.90								
Peso suelo seco + tara (g)	283.80	218.78	222.80	254.40	200.00	241.50								
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80								
Peso de agua (g)	9.90	15.84	7.40	20.70	6.20	22.40								
Peso de suelo seco (g)	251.40	181.56	184.60	217.60	162.60	206.70								
Contenido de humedad (%)	3.94	8.72	4.01	9.51	3.81	10.84								
Densidad seca (g/cm³)	2.14	2.12	2.01	1.98	1.90	1.88								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
27/11/23	18:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
28/11/23	18:00	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0	7	0.070	0.1			
29/11/23	18:00	48.00	7	0.070	0.1	7	0.070	0.1	14	0.140	0.1			
30/11/23	18:00	72.00	11	0.110	0.1	13	0.130	0.1	17	0.170	0.1			
01/12/23	18:00	96.00	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1	20	0.200	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		778	259.33	259.33		422	140.67	140.67		218	72.67	72.67	
1.270	0.050		1390	463.33	463.33		752	250.67	250.67		390	130.00	130.00	
1.905	0.075		1826	608.67	608.67		988	329.33	329.33		512	170.67	170.67	
2.540	0.100	70.455	2080	693.33	693.33	69.33	1114	371.33	371.33	37.13	594	198.00	198.00	
3.175	0.125		2486	828.67	828.67		1344	448.00	448.00		698	232.67	232.67	
3.810	0.150		2736	912.00	912.00		1478	492.67	492.67		768	256.00	256.00	
4.445	0.175		2958	986.00	986.00		1598	532.67	532.67		830	276.67	276.67	
5.080	0.200	105.680	3280	1093.33	1093.33	72.89	1790	596.67	596.67	39.78	922	307.33	307.33	
7.620	0.300		3778	1259.33	1259.33		2042	680.67	680.67		1058	352.67	352.67	
10.160	0.400		4332	1444.00	1444.00		2340	780.00	780.00		1214	404.67	404.67	
12.700	0.500		4740	1580.00	1580.00		2560	853.33	853.33		1328	442.67	442.67	
OBSERVACIONES:														
REALIZÓ							APROBÓ							
														

Figura 86 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G7) muestra M37 1 de 2

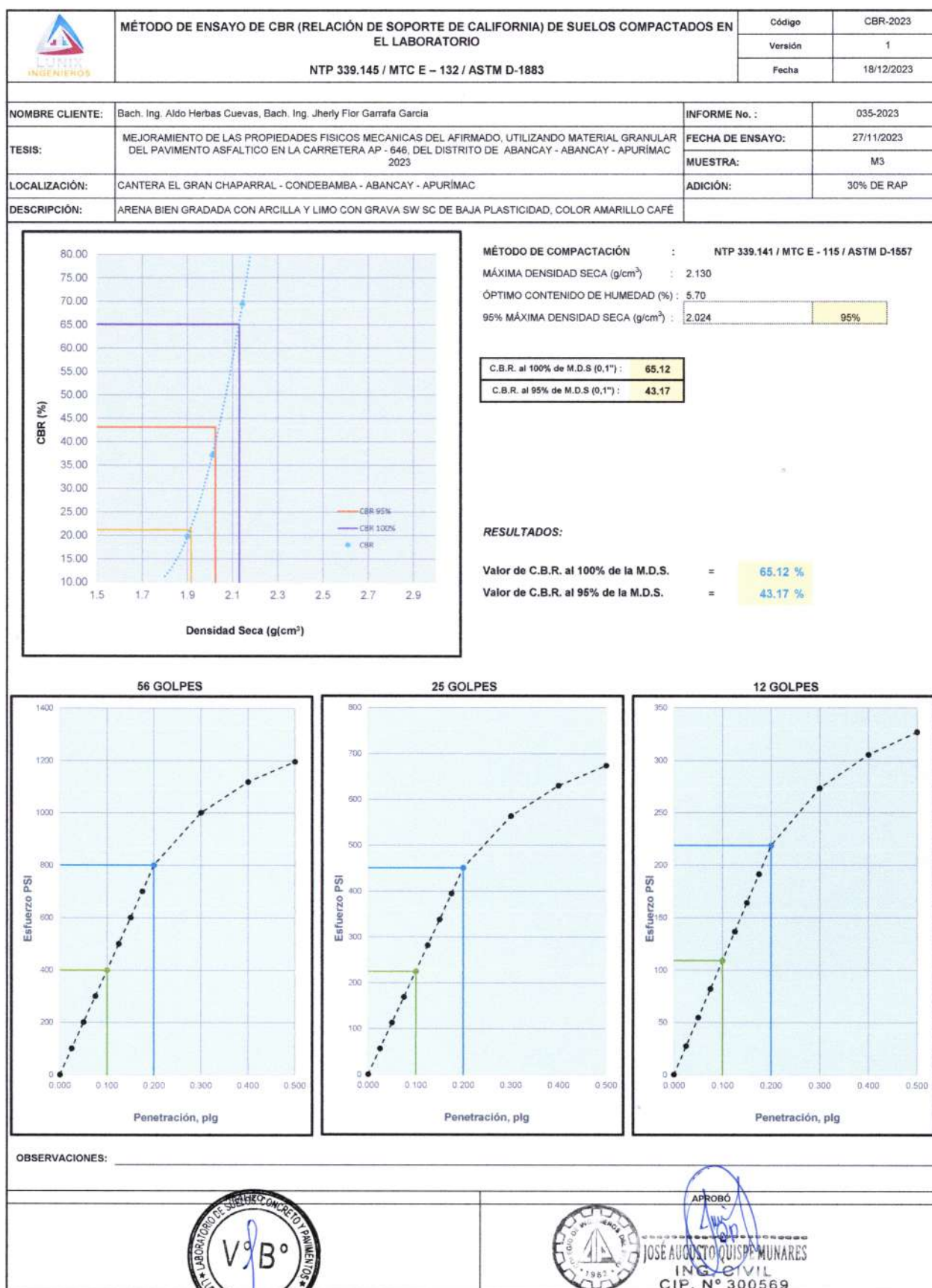


Figura 87 — Resultado CBR grupo experimental 7 (G₇) muestra M₃₇ 2 de 2

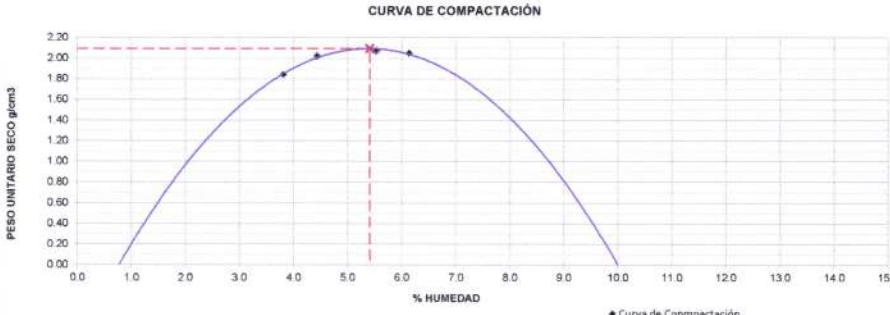
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García					INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 846, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023					FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC					MUESTRA:	M1
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ					ADICIÓN:	45 % DE RAP
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS						MÉTODO DE ENSAYO:	
						C	
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9900	10330	10490	10460		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4060	4490	4650	4620		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	246.78	240.97	212.31	226.78		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	239.03	232.16	203.20	215.83		
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34		
MASA DEL AGUA	g	7.75	8.81	9.11	10.95		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	203.51	198.71	164.80	178.49		
% de HUMEDAD	%	3.8	4.4	5.5	6.1		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECIMENES							
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	1.91	2.11	2.19	2.17		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.84	2.02	2.07	2.05		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	18.03	19.82	20.32	20.07		
	lb/ft ³	114.79	126.19	129.33	127.76		
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.09 g/cm ³ 20.50 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 5.41 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³	
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
REVISÓ 				APROBÓ 			

Figura 88 — Resultado proctor modificado grupo experimental 8 (G₈) muestra M₁₈

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Fior Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023										
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO. UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023										
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M1										
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	45 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	4		5		6									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11950.00	12120.00	11770.00	11950.00	11310.00	11640.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7400.00	7400.00	7230.00	7230.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4640.00	4810.00	4370.00	4550.00	4080.00	4410.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.180	2.26	2.054	2.14	1.917	2.07								
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18								
Peso suelo húmedo + tara (g)	213.00	180.10	227.70	236.50	239.90	374.50								
Peso suelo seco + tara (g)	205.00	166.03	222.00	218.30	233.50	343.40								
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.40	33.10	38.10								
Peso de agua (g)	8.00	14.07	5.70	18.20	6.40	31.10								
Peso de suelo seco (g)	167.80	130.73	188.20	184.90	200.40	305.30								
Contenido de humedad (%)	4.77	10.76	3.03	9.84	3.19	10.19								
Densidad seca (g/cm³)	2.06	2.04	1.99	1.95	1.86	1.88								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/11/23	15:40	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
16/11/23	15:40	24.00	1	0.010	0.0	3	0.030	0.0	10	0.100	0.1			
17/11/23	15:40	48.00	6	0.060	0.1	11	0.110	0.1	15	0.150	0.1			
18/11/23	15:40	72.00	9	0.090	0.1	14	0.140	0.1	18	0.180	0.2			
19/11/23	15:40	96.00	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1	20	0.200	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN	CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°				
		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	
0.000	0.000	0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		
0.635	0.025	398	132.67	132.67		208	69.33	69.33		128	42.67	42.67		
1.270	0.050	992	330.67	330.67		516	172.00	172.00		318	106.00	106.00		
1.905	0.075	1452	484.00	484.00		756	252.00	252.00		466	155.33	155.33		
2.540	0.100	70.455	1770	590.00	590.00	59.00	922	307.33	307.33	30.73	568	189.33	189.33	18.93
3.175	0.125		2048	682.67	682.67		1066	355.33	355.33		656	218.67	218.67	
3.810	0.150		2316	772.00	772.00		1206	402.00	402.00		742	247.33	247.33	
4.445	0.175		2448	816.00	816.00		1274	424.67	424.67		784	261.33	261.33	
5.080	0.200	105.680	2842	947.33	947.33	63.16	1426	475.33	475.33	31.69	878	292.67	292.67	19.51
7.620	0.300		3342	1114.00	1114.00		1738	579.33	579.33		1070	356.67	356.67	
10.160	0.400		3856	1285.33	1285.33		2006	668.67	668.67		1234	411.33	411.33	
12.700	0.500		4358	1452.67	1452.67		2268	756.00	756.00		1396	465.33	465.33	
OBSERVACIONES:														
   JOSÉ AUGUSTO QUISEPUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 89 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G₈) muestra M₁₈ 1 de 2

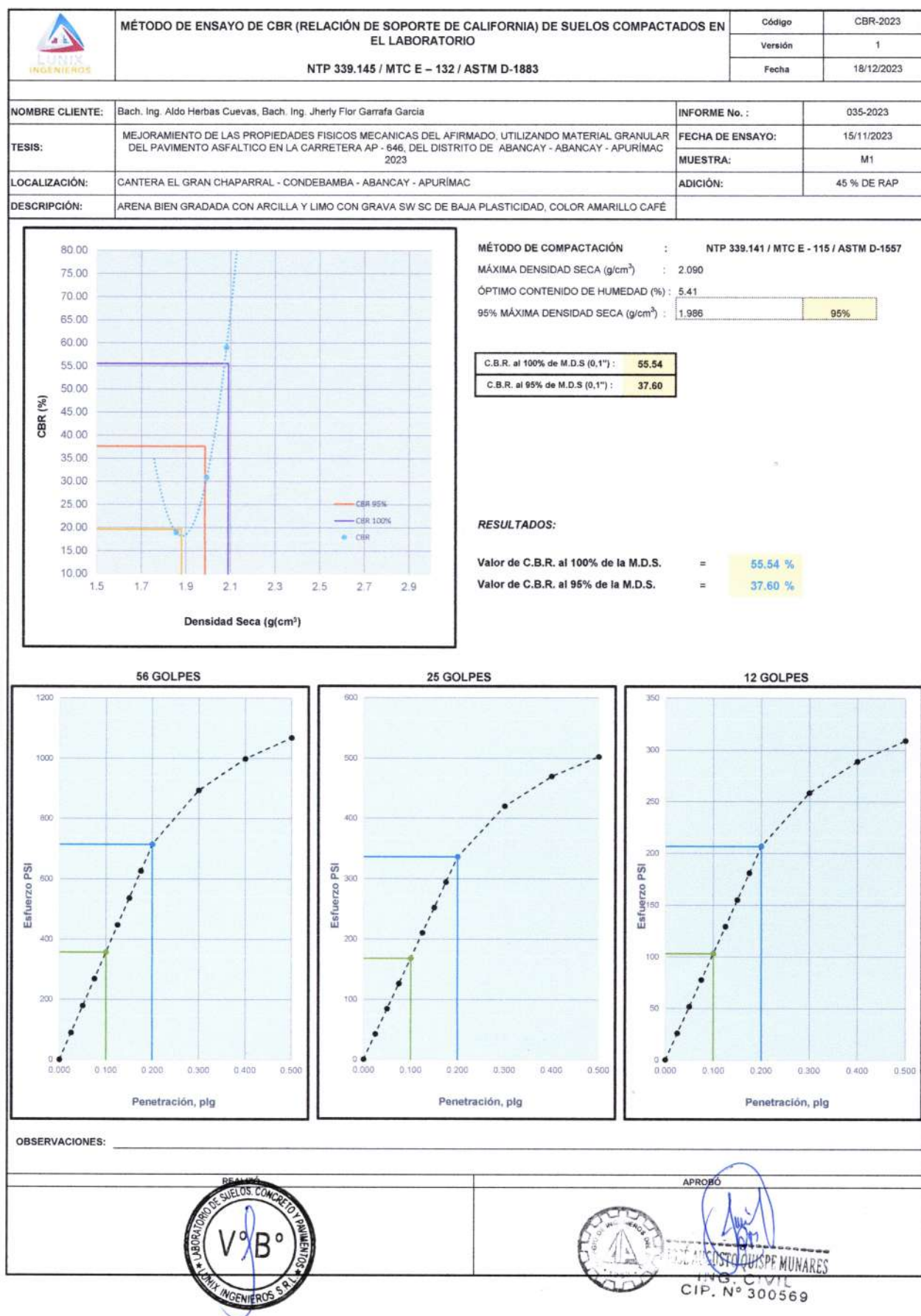


Figura 90 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G₈) muestra M₁₈ 2 de 2

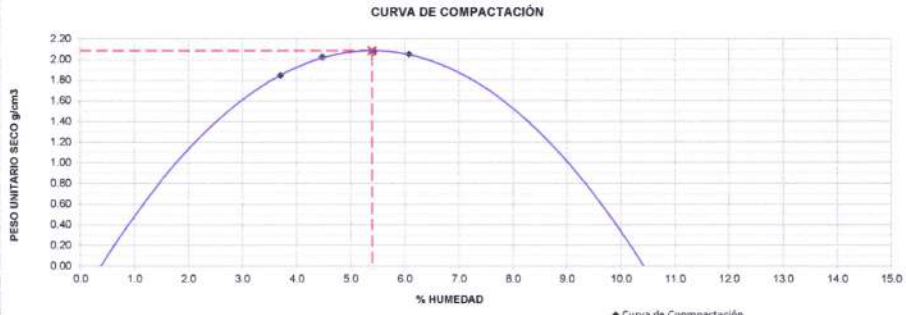
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023																
						Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Fior Garrafa García				INFORME No.	035-2023																	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	01/12/2023																	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M2																	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	45 % DE RAP																	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9907	10335	10495	10465																		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4067	4495	4655	4625																		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4																		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	246.65	240.90	212.35	226.80																		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	239.00	232.10	203.25	215.85																		
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90																		
MASA DEL AGUA	g	7.65	8.80	9.10	10.95																		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	206.57	196.47	167.69	179.95																		
% de HUMEDAD	%	3.7	4.5	5.4	6.1																		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																							
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	1.91	2.11	2.19	2.17																		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.84	2.02	2.08	2.05																		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	18.08	19.84	20.36	20.10																		
	lb/ft ³	115.10	126.27	129.59	127.96																		
					<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.08</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>20.40</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>5.40</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>			PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.08	g/cm ³	20.40	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		5.40		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																							
2.08	g/cm ³																						
20.40	kN/m ³																						
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																							
5.40																							
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																							
NO REQUIERE	kN/m ³																						
NO REQUIERE	kg/m ³																						
OBSERVACIONES:																							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																							
																							

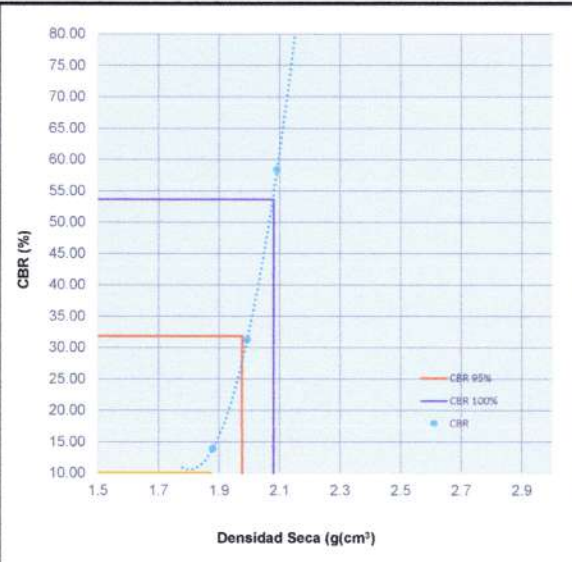
Figura 91 — Resultado proctor modificado grupo experimental 8 (G₈) muestra M₂₈

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia														
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				FECHA DE ENSAYO: 01/12/2023										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M2										
				ADICIÓN: 45 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	7		8		9									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12090.00	12170.00	11820.00	11840.00	11330.00	11530.00								
Peso de molde (g)	7470.00	7470.00	7250.00	7250.00	7200.00	7200.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4620.00	4700.00	4370.00	4590.00	4130.00	4330.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.171	2.21	2.054	2.16	1.941	2.03								
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6								
Peso suelo húmedo + tara (g)	216.2	289.32	232.10	239.9	244.20	371.2								
Peso suelo seco + tara (g)	209.5	274.82	226.40	223.4	237.80	342.1								
Peso tara (g)	32.4	35.22	38.20	36.8	37.40	34.8								
Peso de agua (g)	6.70	14.5	5.70	16.5	6.40	29.1								
Peso de suelo seco (g)	177.10	239.6	188.20	186.6	200.40	307.3								
Contenido de humedad (%)	3.78	6.05	3.03	8.84	3.19	9.47								
Densidad seca (g/cm³)	2.09	2.08	1.99	1.98	1.88	1.86								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN							
				mm	%		mm	%						
01/12/23	17:10	0	0	0.000	0	0	0.000	0						
02/12/23	17:10	24.00	1	0.010	0.0	6	0.060	0.1						
03/12/23	17:10	48.00	7	0.070	0.1	10	0.100	0.1						
04/12/23	17:10	72.00	10	0.100	0.1	15	0.150	0.1						
05/12/23	17:10	96.00	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1						
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
mm	pulg.	kg/cm²	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		606	202.00	202.00		272	90.67	90.67		238	79.33	79.33	
1.270	0.050		1098	366.00	366.00		552	184.00	184.00		326	108.67	108.67	
1.905	0.075		1465	488.33	488.33		780	260.00	260.00		380	126.67	126.67	
2.540	0.100	70.455	1752	584.00	584.00	58.40	936	312.00	312.00	31.20	418	139.33	139.33	13.93
3.175	0.125		1982	660.67	660.67		1056	352.00	352.00		460	153.33	153.33	
3.810	0.150		2202	734.00	734.00		1178	392.67	392.67		502	167.33	167.33	
4.445	0.175		2388	796.00	796.00		1270	423.33	423.33		538	179.33	179.33	
5.080	0.200	105.680	2840	946.67	946.67	63.11	1574	524.67	524.67	34.98	644	214.67	214.67	14.31
7.620	0.300		3052	1017.33	1017.33		1660	553.33	553.33		718	239.33	239.33	
10.160	0.400		3576	1192.00	1192.00		1880	626.67	626.67		824	274.67	274.67	
12.700	0.500		3988	1329.33	1329.33		2184	728.00	728.00		940	313.33	313.33	
OBSERVACIONES:														
 														

Figura 92 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G8) muestra M28 1 de 2

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883	Código	CBR-2023
		Versión	1
		Fecha	18/12/2023

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia	INFORME No. :	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023	FECHA DE ENSAYO:	01/12/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC	MUESTRA:	M2
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE	ADICIÓN:	45 % DE RAP



MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.080

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.40

95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.976 95%

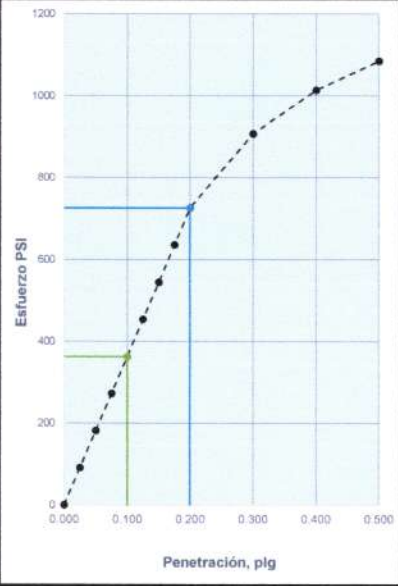
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	53.63
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	31.87

RESULTADOS:

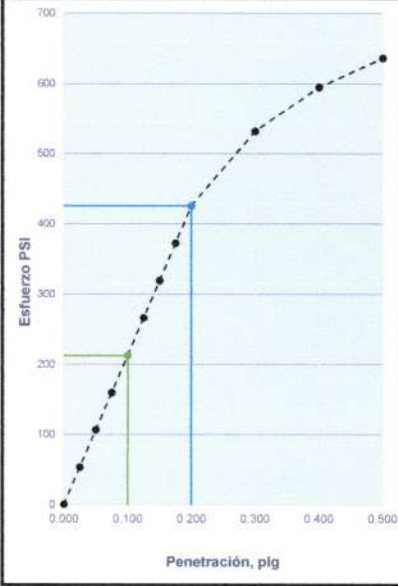
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 53.63 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 31.87 %

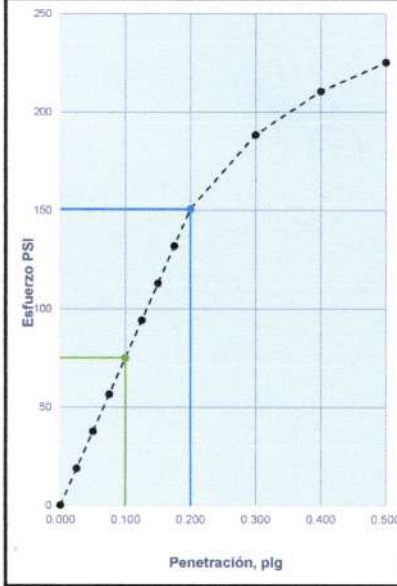
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



OBSERVACIONES:





APROBÓ

JOSE AUGUSTO DUJPE MUNARES
ING. CIVIL
CIP. N° 300569

Figura 93 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G₈) muestra M₂₈ 2 de 2

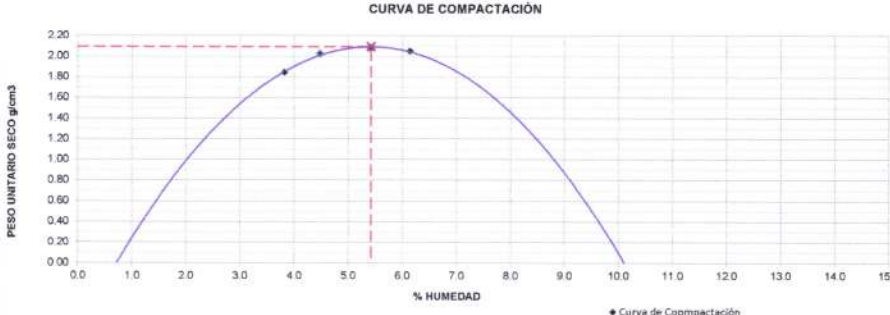
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa García			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M3																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	45 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9910	10340	10495	10465																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	4070	4500	4655	4625																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	246.85	240.90	212.25	226.70																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	239.10	232.10	203.25	215.80																
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30																
MASA DEL AGUA	g	7.75	8.80	9.00	10.90																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	202.90	196.70	166.25	177.50																
% de HUMEDAD	%	3.8	4.5	5.4	6.1																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	1.91	2.12	2.19	2.17																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.84	2.03	2.08	2.05																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	18.07	19.86	20.36	20.09																
	lb/ft ³	115.06	126.42	129.61	127.89																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.09</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>20.50</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>5.42</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.09	g/cm ³	20.50	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		5.42		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.09	g/cm ³																				
20.50	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
5.42																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
REVISÓ			APROBÓ																		
																					

Figura 94 — Resultado proctor modificado grupo experimental 8 (G₈) muestra M₃₈

		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023							
						Versión	1							
						Fecha	18/12/2023							
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia				INFORME No. :	035-2023								
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO. UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023								
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M3								
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				ADICIÓN:	45 % DE RAP								
COMPACTACIÓN														
Molde N°	1		2		3									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11920.00	12050.00	11890.00	11910.00	11410.00	11670.00								
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7370.00	7370.00	7330.00	7330.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4610.00	4740.00	4320.00	4540.00	4080.00	4340.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.166	2.23	2.030	2.13	1.917	2.04								
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10	C11	C12								
Peso suelo húmedo + tara (g)	203.90	392.40	237.50	305.64	268.90	294.30								
Peso suelo seco + tara (g)	198.80	365.36	232.30	279.71	259.80	266.07								
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74	35.80	36.50								
Peso de agua (g)	5.10	27.04	5.20	25.93	9.10	28.23								
Peso de suelo seco (g)	164.10	331.86	194.50	246.97	224.00	229.57								
Contenido de humedad (%)	3.11	8.15	2.67	10.50	4.06	12.30								
Densidad seca (g/cm³)	2.10	2.06	1.98	1.93	1.84	1.82								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/11/23	18.00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
16/11/23	18.00	24.00	1	0.010	0.0	2	0.020	0.0	8	0.080	0.1			
17/11/23	18.00	48.00	6	0.060	0.1	11	0.110	0.1	12	0.120	0.1			
18/11/23	18.00	72.00	11	0.110	0.1	14	0.140	0.1	15	0.150	0.1			
19/11/23	18.00	96.00	14	0.140	0.1	17	0.170	0.1	19	0.190	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
mm	pulg.	kg/cm2												
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		296	98.67	98.67		186	62.00	62.00		142	47.33	47.33	
1.270	0.050		776	258.67	258.67		556	185.33	185.33		312	104.00	104.00	
1.905	0.075		1272	424.00	424.00		896	298.67	298.67		476	158.67	158.67	
2.540	0.100	70.455	1784	594.67	594.67	59.47	1148	382.67	382.67	38.27	592	197.33	197.33	
3.175	0.125		2212	737.33	737.33		1346	448.67	448.67		690	230.00	230.00	
3.810	0.150		2612	870.67	870.67		1518	506.00	506.00		764	254.67	254.67	
4.445	0.175		2982	994.00	994.00		1668	556.00	556.00		832	277.33	277.33	
5.080	0.200	105.680	3272	1090.67	1090.67	72.71	1810	603.33	603.33	40.22	896	298.67	298.67	
7.620	0.300		4206	1402.00	1402.00		2196	732.00	732.00		1112	370.67	370.67	
10.160	0.400		4974	1658.00	1658.00		2520	840.00	840.00		1316	438.67	438.67	
12.700	0.500		5564	1854.67	1854.67		2802	934.00	934.00		1550	516.67	516.67	
OBSERVACIONES:														
  APROBO JOSE AUGUSTO QUISEP MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 95 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G₈) muestra M₃₈ 1 de 2

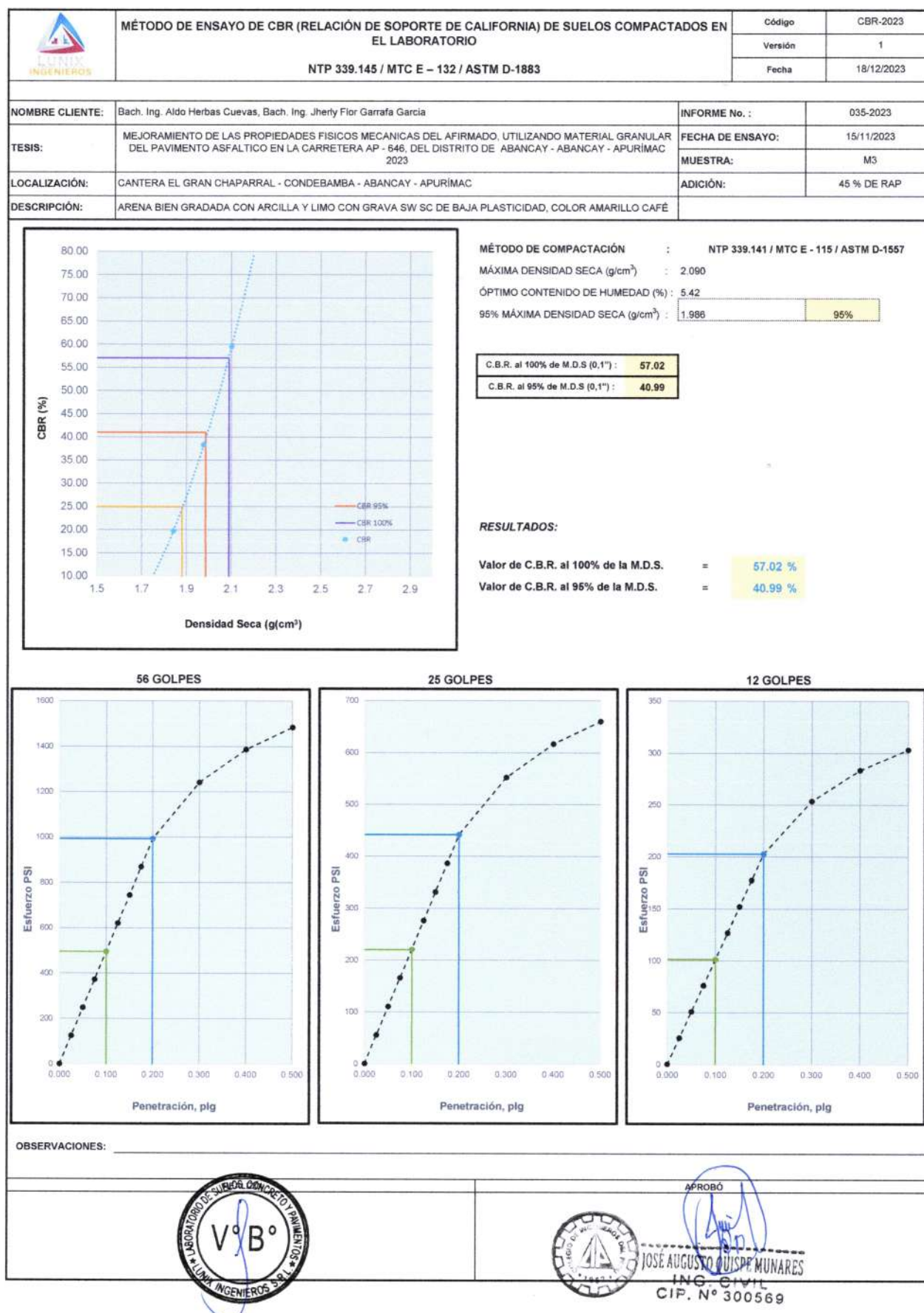


Figura 96 — Resultado CBR grupo experimental 8 (G₈) muestra M₃₈ 2 de 2

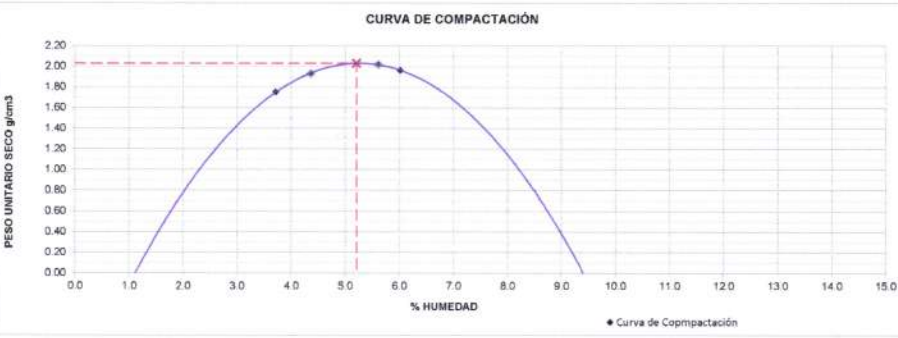
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557				Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia					INFORME No.	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023					FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC					MUESTRA:	M1
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE					ADICIÓN:	60 % DE RAP
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS						MÉTODO DE ENSAYO:	C
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9700	10130	10380	10260		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3860	4290	4540	4420		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R5	R6	R7	R8		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	252.66	246.02	208.41	231.24		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	244.91	237.21	199.30	220.29		
MASA DEL MOLDE	g	36.20	35.40	37.00	38.30		
MASA DEL AGUA	g	7.75	8.81	9.11	10.95		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	208.71	201.81	162.30	181.99		
% de HUMEDAD	%	3.7	4.4	5.6	6.0		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES							
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	1.81	2.02	2.13	2.08		
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.75	1.93	2.02	1.96		
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	17.16	18.95	19.82	19.22		
	lbf/ft ³	109.24	120.65	126.17	122.37		
						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.03 g/cm ³ 19.91 kN/m ³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 5.21 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m ³ NO REQUIERE kg/m ³	
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
REVISÓ				APROBO			
							

Figura 97 — Resultado proctor modificado grupo experimental 9 (G₉) muestra M₁₉

 MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023											
		Versión	1											
		Fecha	18/12/2023											
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia		INFORME No. :	035-2023										
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023		FECHA DE ENSAYO:	15/11/2023										
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC		MUESTRA:	M1										
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ		ADICIÓN:	60 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	4		5											
Capas N°	5		5											
Golpes por Capa N°	56		25											
	12													
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO										
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11760.00	11950.00	11590.00	11770.00										
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7400.00	7400.00										
Peso del Suelo húmedo (g)	4450.00	4640.00	4190.00	4370.00										
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00										
Densidad húmeda (g/cm³)	2.091	2.18	1.969	2.05										
Tara (N°)	C7	C8	C9	C10										
Peso suelo húmedo + tara (g)	217.70	188.30	233.90	238.84										
Peso suelo seco + tara (g)	212.10	177.60	224.90	220.64										
Peso tara (g)	34.70	33.50	37.80	32.74										
Peso de agua (g)	5.60	10.70	9.00	18.20										
Peso de suelo seco (g)	177.40	144.10	187.10	187.90										
Contenido de humedad (%)	3.16	7.43	4.81	9.69										
Densidad seca (g/cm³)	2.03	2.03	1.88	1.87										
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/11/23	15.00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
16/11/23	15.00	24.00	1	0.010	0.0	4	0.040	0.0	9	0.090	0.1			
17/11/23	15.00	48.00	7	0.070	0.1	12	0.120	0.1	14	0.140	0.1			
18/11/23	15.00	72.00	11	0.110	0.1	16	0.160	0.1	19	0.190	0.2			
19/11/23	15.00	96.00	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2	22	0.220	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
mm	pulg.		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		254	84.67	84.67		168	56.00	56.00		118	39.33	39.33	
1.270	0.050		726	242.00	242.00		512	170.67	170.67		316	105.33	105.33	
1.905	0.075		1058	352.67	352.67		752	250.67	250.67		452	150.67	150.67	
2.540	0.100	70.455	1318	439.33	439.33	43.93	916	305.33	305.33	30.53	548	182.67	182.67	18.27
3.175	0.125		1524	508.00	508.00		1050	350.00	350.00		654	218.00	218.00	
3.810	0.150		1690	563.33	563.33		1196	399.33	399.33		740	246.67	246.67	
4.445	0.175		1824	608.00	608.00		1256	418.67	418.67		766	255.33	255.33	
5.080	0.200	105.680	1984	661.33	661.33	44.09	1408	469.33	469.33	31.29	862	287.33	287.33	19.16
7.620	0.300		2412	804.00	804.00		1726	575.33	575.33		1052	350.67	350.67	
10.160	0.400		2778	926.00	926.00		1996	665.33	665.33		1218	406.00	406.00	
12.700	0.500		3086	1028.67	1028.67		2268	756.00	756.00		1380	460.00	460.00	
OBSERVACIONES:														
 APROBÓ  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 98 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G₉) muestra M₁₉ 1 de 2

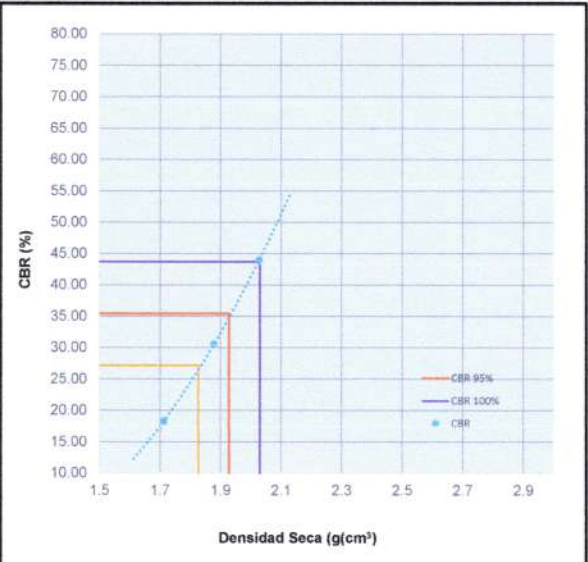
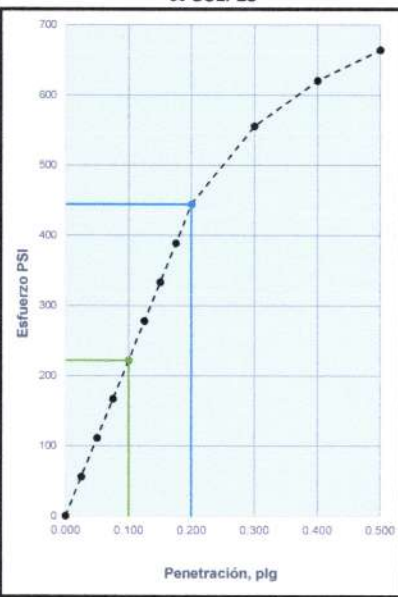
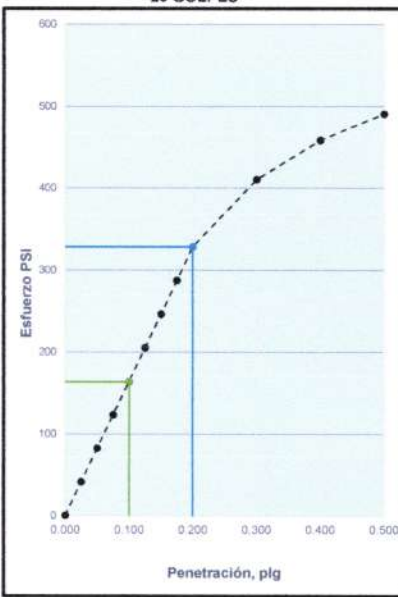
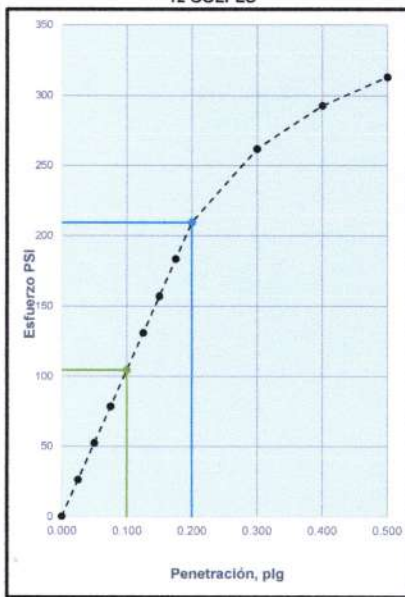
	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883		Código	CBR-2023				
			Versión	1				
			Fecha	18/12/2023				
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Fior Garrafa Garcia			INFORME No. : 035-2023					
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO: 15/11/2023					
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA: M1					
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE			ADICIÓN: 60 % DE RAP					
			MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557 MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.030 ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.21 95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.929 95%					
			<table border="1"> <tr> <td>C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :</td> <td style="background-color: yellow;">43.71</td> </tr> <tr> <td>C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :</td> <td style="background-color: yellow;">35.45</td> </tr> </table>		C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	43.71	C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	35.45
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	43.71							
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	35.45							
			RESULTADOS: Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 43.71 % Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 35.45 %					
56 GOLPES 			25 GOLPES 					
			12 GOLPES 					
OBSERVACIONES:								
			APROBO  JOSÉ AUGUSTO QUISEPUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569					

Figura 99 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G₉) muestra M₁₉ 2 de 2

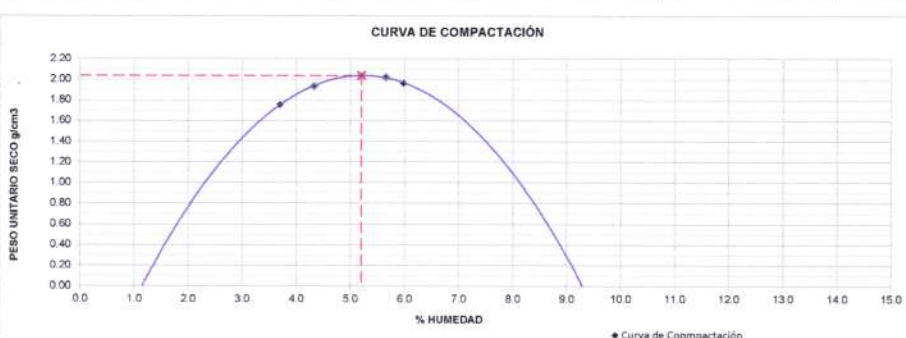
		INFORME DE ENSAYO				Código	P-2023
		RELACIONES DE HUMEDAD – PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)				Versión	1
						Fecha	18/12/2023
						Página 1 de 1	
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557					
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garraña García				INFORME No.	035-2023	
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023				FECHA DE ENSAYO:	01/12/2023	
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC				MUESTRA:	M2	
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFE				ADICIÓN:	60 % DE RAP	
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS					MÉTODO DE ENSAYO:		C
PRUEBA	Und	1	2	3	4		
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000		
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25		
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1		
VOLUMEN MOLDE	cm³	2127	2127	2127	2127		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9710	10135	10385	10265		
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840		
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3870	4295	4545	4425		
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN							
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R9	R10	R11	R12		
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	252.60	246.12	208.50	231.30		
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	244.86	237.30	199.40	220.35		
MASA DEL MOLDE	g	35.52	33.45	38.40	37.34		
MASA DEL AGUA	g	7.74	8.82	9.10	10.95		
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	209.34	203.85	161.00	183.01		
% de HUMEDAD	%	3.7	4.3	5.7	6.0		
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES							
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm³	1.82	2.02	2.14	2.08		
DENSIDAD SECA	g/cm³	1.75	1.94	2.02	1.96		
PESO UNITARIO SECO	kN/m³	17.21	18.98	19.83	19.25		
	lbft/ft³	109.54	120.83	126.26	122.54		
					PESO UNITARIO SECO MÁXIMO 2.04 g/cm³ 20.01 kN/m³ HUMEDAD ÓPTIMA (%) 5.20 PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO NO REQUIERE kN/m³ NO REQUIERE kg/m³		
OBSERVACIONES:							
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.							
REVISÓ 				APROBÓ 			

Figura 100 — Resultado proctor modificado grupo experimental 9 (G₉) muestra M₂₉

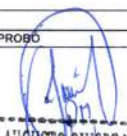
	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E – 132 / ASTM D-1883				Código	CBR-2023								
					Versión	1								
					Fecha	18/12/2023								
NOMBRE CLIENTE: Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Fior Garrafa Garcia														
TESIS: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURÍMAC 2023				INFORME No. : 035-2023										
LOCALIZACIÓN: CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURÍMAC				FECHA DE ENSAYO: 01/12/2023										
DESCRIPCIÓN: ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ				MUESTRA: M2										
				ADICIÓN: 60 % DE RAP										
COMPACTACIÓN														
Molde N°	7		8		9									
Capas N°	5		5		5									
Golpes por Capa N°	56		25		12									
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO								
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11970.00	12090.00	11520.00	11570.00	11130.00	11280.00								
Peso de molde (g)	7470.00	7470.00	7250.00	7250.00	7200.00	7200.00								
Peso del Suelo húmedo (g)	4500.00	4620.00	4270.00	4420.00	3930.00	4080.00								
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00								
Densidad húmeda (g/cm³)	2.115	2.17	2.007	2.08	1.847	1.92								
Tara (N°)	C13	C14	C15	C16	C17	C18								
Peso suelo húmedo + tara (g)	200.40	206.60	231.90	248.3	176.70	254.8								
Peso suelo seco + tara (g)	195.20	195.20	219.90	229.4	166.70	232.6								
Peso tara (g)	37.20	35.30	33.80	33.4	33.10	38.1								
Peso de agua (g)	5.20	11.40	12.00	18.9	10.00	22.2								
Peso de suelo seco (g)	158.00	159.90	186.10	196	133.60	194.5								
Contenido de humedad (%)	3.29	7.13	6.45	9.64	7.49	11.41								
Densidad seca (g/cm³)	2.05	2.03	1.89	1.89	1.72	1.72								
EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%		mm	%			
01/12/23	15:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
02/12/23	15:00	24.00	1	0.010	0.0	7	0.070	0.1	9	0.090	0.1			
03/12/23	15:00	48.00	8	0.080	0.1	10	0.100	0.1	15	0.150	0.1			
04/12/23	15:00	72.00	11	0.110	0.1	14	0.140	0.1	18	0.180	0.2			
05/12/23	15:00	96.00	15	0.150	0.1	18	0.180	0.2	21	0.210	0.2			
PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
mm	pulg.		lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	CBR % Corregido
0.000	0.000		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00		0	0.00	0.00	
0.635	0.025		286	95.33	95.33		242	80.67	80.67		220	73.33	73.33	
1.270	0.050		830	276.67	276.67		540	180.00	180.00		314	104.67	104.67	
1.905	0.075		1192	397.33	397.33		778	259.33	259.33		368	122.67	122.67	
2.540	0.100	70.455	1460	486.67	486.67	48.67	936	312.00	312.00	31.20	398	132.67	132.67	13.27
3.175	0.125		1662	554.00	554.00		1046	348.67	348.67		446	148.67	148.67	
3.810	0.150		1858	619.33	619.33		1174	391.33	391.33		486	162.00	162.00	
4.445	0.175		1978	659.33	659.33		1266	422.00	422.00		532	177.33	177.33	
5.080	0.200	105.680	2148	716.00	716.00	47.73	1562	520.67	520.67	34.71	630	210.00	210.00	14.00
7.620	0.300		2596	865.33	865.33		1650	550.00	550.00		714	238.00	238.00	
10.160	0.400		3206	1068.67	1068.67		1866	622.00	622.00		816	272.00	272.00	
12.700	0.500		3558	1186.00	1186.00		2174	724.67	724.67		928	309.33	309.33	
OBSERVACIONES:														
REALIZÓ  APROBO  JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569														

Figura 101 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G₉) muestra M₂₉ 1 de 2

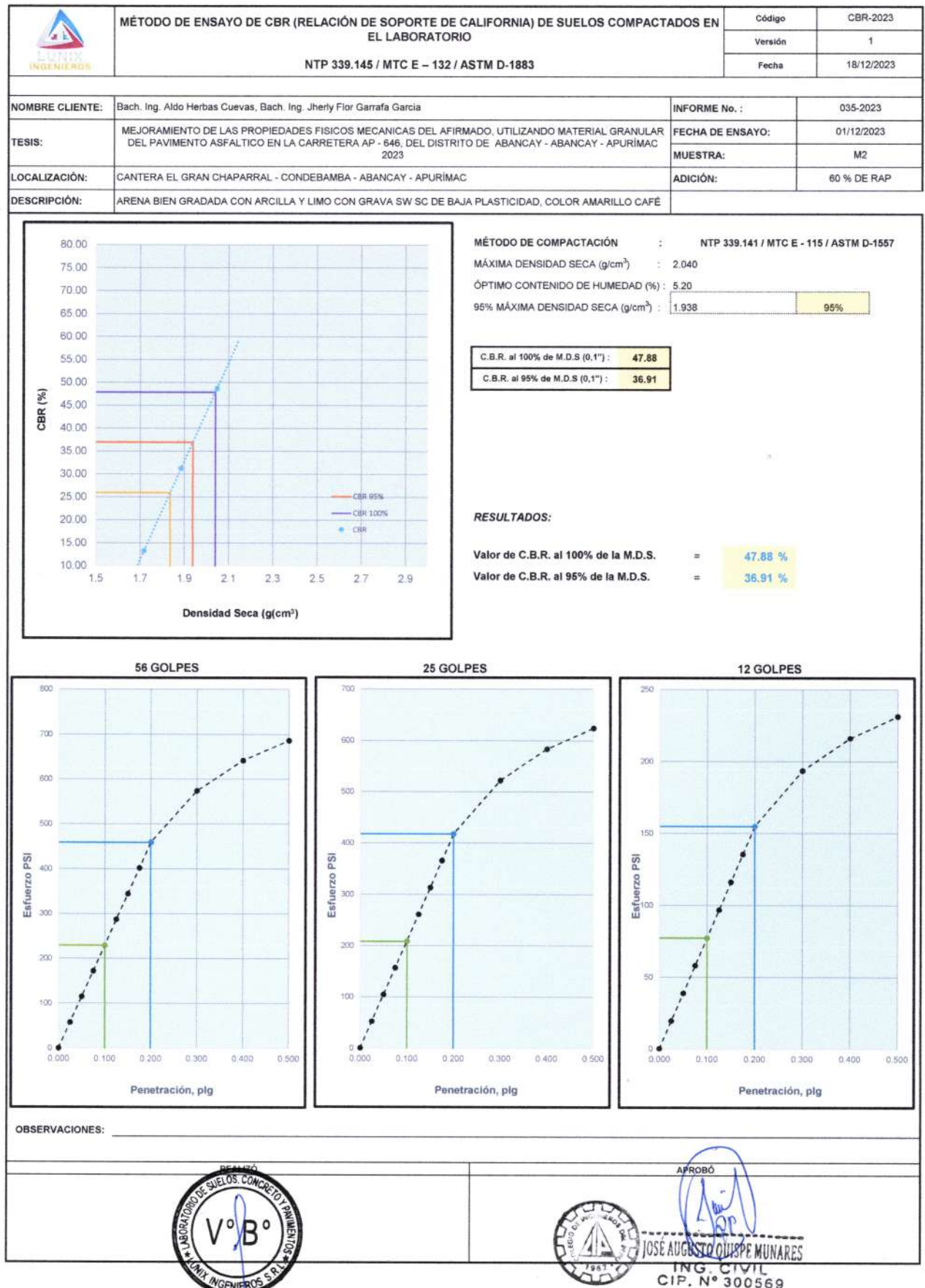


Figura 102 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G₉) muestra M₂₉ 2 de 2

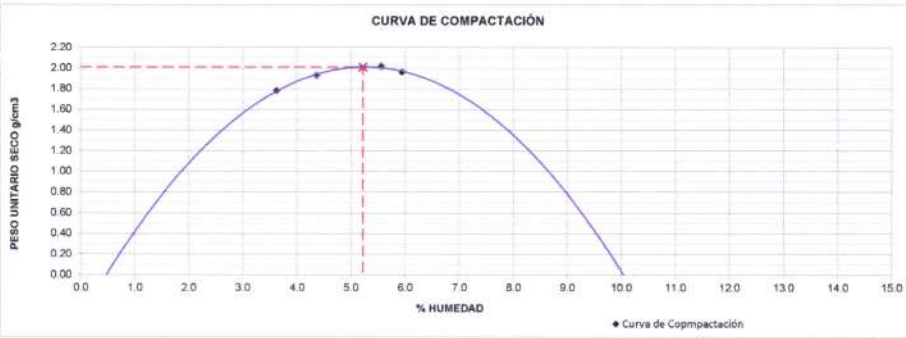
		INFORME DE ENSAYO		Código	P-2023																
		RELACIONES DE HUMEDAD - PESO UNITARIO SECO EN LOS SUELOS (ENSAYO MODIFICADO DE COMPACTACIÓN)		Versión	1																
		NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557		Fecha	18/12/2023																
				Página 1 de 1																	
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garraña García			INFORME No.	035-2023																
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023			FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023																
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC			MUESTRA:	M3																
DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ			ADICIÓN:	60 % DE RAP																
COMPACTACIÓN DE LAS MUESTRAS				MÉTODO DE ENSAYO:	C																
PRUEBA	Und	1	2	3	4																
MATERIAL RETENIDO EN EL TAMIZ 3/4"	g	6000	6000	6000	6000																
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	No	25	25	25	25																
NUMERO DE MOLDE	No	1	1	1	1																
VOLUMEN MOLDE	cm ³	2127	2127	2127	2127																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	9765	10125	10375	10257																
MASA DEL MOLDE	g	5840	5840	5840	5840																
MASA MUESTRA HUMEDA	g	3925	4285	4535	4417																
HUMEDAD DE COMPACTACIÓN																					
NUMERO DE RECIPIENTE	No	R1	R2	R3	R4																
MASA MUESTRA HUMEDA Y MOLDE	g	252.60	246.10	208.45	231.20																
MASA MUESTRA SECA Y MOLDE	g	244.90	237.30	199.35	220.25																
MASA DEL MOLDE	g	32.43	35.63	35.56	35.90																
MASA DEL AGUA	g	7.70	8.80	9.10	10.95																
MASA DE LA MUESTRA SECA	g	212.47	201.67	163.79	184.35																
% de HUMEDAD	%	3.6	4.4	5.6	5.9																
DETERMINACIÓN DEL PESOS UNITARIOS DE LOS ESPECÍMENES																					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm ³	1.85	2.01	2.13	2.08																
DENSIDAD SECA	g/cm ³	1.78	1.93	2.02	1.96																
PESO UNITARIO SECO	kN/m ³	17.46	18.93	19.81	19.22																
	lbf/ft ³	111.17	120.51	126.10	122.37																
																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>2.01</td> <td>g/cm³</td> </tr> <tr> <td>19.71</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <th colspan="2">HUMEDAD ÓPTIMA (%)</th> </tr> <tr> <td>5.22</td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="2">PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO</th> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kN/m³</td> </tr> <tr> <td>NO REQUIERE</td> <td>kg/m³</td> </tr> </tbody> </table>						PESO UNITARIO SECO MÁXIMO		2.01	g/cm ³	19.71	kN/m ³	HUMEDAD ÓPTIMA (%)		5.22		PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO		NO REQUIERE	kN/m ³	NO REQUIERE	kg/m ³
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO																					
2.01	g/cm ³																				
19.71	kN/m ³																				
HUMEDAD ÓPTIMA (%)																					
5.22																					
PESO UNITARIO SECO MÁXIMO CORREGIDO																					
NO REQUIERE	kN/m ³																				
NO REQUIERE	kg/m ³																				
OBSERVACIONES:																					
Los resultados presentados corresponden únicamente a la muestra entregada al laboratorio y sometida a ensayo.																					
REVISÓ			APROBÓ																		
																					
			 JOSÉ AUGUSTO QUIPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569																		

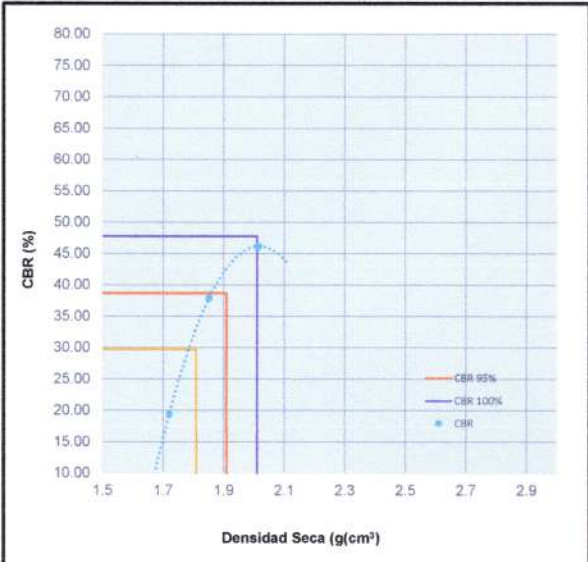
Figura 103 — Resultado proctor modificado grupo experimental 9 (G9) muestra M39

		MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO				Código	CBR-2023				
		NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883				Versión	1				
						Fecha	18/12/2023				
NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia					INFORME No. :	035-2023				
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023					FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023				
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC					MUESTRA:	M3				
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ					ADICIÓN:	60 % DE RAP				
COMPACTACIÓN											
Molde N°	1		2		3						
Capas N°	5		5		5						
Golpes por Capa N°	56		25		12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO					
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11760.00	11920.00	11490.00	11690.00	11280.00	11370.00					
Peso de molde (g)	7310.00	7310.00	7370.00	7370.00	7330.00	7330.00					
Peso del Suelo húmedo (g)	4450.00	4610.00	4120.00	4310.00	3950.00	4040.00					
Volumen del molde (cm³)	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00	2128.00					
Densidad húmeda (g/cm³)	2.091	2.17	1.936	2.03	1.856	1.90					
Tara (N°)	C1	C2	C3	C4	C5	C6					
Peso suelo húmedo + tara (g)	218.00	218.92	183.30	283.10	343.50	310.00					
Peso suelo seco + tara (g)	211.10	206.72	177.00	261.00	321.10	281.30					
Peso tara (g)	32.40	35.22	38.20	36.80	37.40	34.80					
Peso de agua (g)	6.90	12.20	6.30	22.10	22.40	28.70					
Peso de suelo seco (g)	178.70	171.50	138.80	224.20	283.70	246.50					
Contenido de humedad (%)	3.86	7.11	4.54	9.86	7.90	11.64					
Densidad seca (g/cm³)	2.01	2.02	1.85	1.84	1.72	1.70					
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				mm	%		mm	%			
13/12/23	15:00	0	0	0.000	0	0	0.000	0			
14/12/23	15:00	24.00	2	0.020	0.0	3	0.030	0.0			
15/12/23	15:00	48.00	7	0.070	0.1	12	0.120	0.1			
16/12/23	15:00	72.00	12	0.120	0.1	15	0.150	0.1			
17/12/23	15:00	96.00	15	0.150	0.1	19	0.190	0.2			
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		CARGA ESTAND.	MOLDE N°		1	MOLDE N°		2	MOLDE N°		3
mm	pulg.	kg/cm2	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)	lecturas lbf	Esfuerzo PSI (sin corrección)	Esfuerzo PSI (corregido)
0.000	0.000		0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.635	0.025		356	118.67	118.67	164	54.67	54.67	122	40.67	40.67
1.270	0.050		760	253.33	253.33	540	180.00	180.00	302	100.67	100.67
1.905	0.075		1108	369.33	369.33	878	292.67	292.67	472	157.33	157.33
2.540	0.100	70.455	1384	461.33	461.33	1136	378.67	378.67	582	194.00	194.00
3.175	0.125		1646	548.67	548.67	1344	448.00	448.00	684	228.00	228.00
3.810	0.150		1886	628.67	628.67	1506	502.00	502.00	746	248.67	248.67
4.445	0.175		2032	677.33	677.33	1660	553.33	553.33	832	277.33	277.33
5.080	0.200	105.680	2262	754.00	754.00	1798	599.33	599.33	878	292.67	292.67
5.715	0.225		2500	833.33	833.33	2000	666.67	666.67	1000	333.33	333.33
6.350	0.250		2740	916.67	916.67	2200	733.33	733.33	1100	366.67	366.67
6.985	0.275		2980	999.33	999.33	2400	800.00	800.00	1200	400.00	400.00
7.620	0.300		3220	1082.67	1082.67	2600	866.67	866.67	1300	433.33	433.33
8.255	0.325		3460	1166.67	1166.67	2800	933.33	933.33	1400	466.67	466.67
8.890	0.350		3700	1250.00	1250.00	3000	1000.00	1000.00	1500	500.00	500.00
9.525	0.375		3940	1333.33	1333.33	3200	1066.67	1066.67	1600	533.33	533.33
10.160	0.400		4180	1416.67	1416.67	3400	1133.33	1133.33	1700	566.67	566.67
10.795	0.425		4420	1500.00	1500.00	3600	1200.00	1200.00	1800	600.00	600.00
11.430	0.450		4660	1583.33	1583.33	3800	1266.67	1266.67	1900	633.33	633.33
12.065	0.475		4900	1666.67	1666.67	4000	1333.33	1333.33	2000	666.67	666.67
12.700	0.500		5140	1750.00	1750.00	4200	1400.00	1400.00	2100	700.00	700.00
OBSERVACIONES:											
  APROBÓ JOSE AUGUSTO QUISPE MUNARES ING. CIVIL CIP. N° 300569											

Figura 104 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G9) muestra M39 1 de 2

	MÉTODO DE ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN EL LABORATORIO NTP 339.145 / MTC E - 132 / ASTM D-1883	Código	CBR-2023
		Versión	1
		Fecha	18/12/2023

NOMBRE CLIENTE:	Bach. Ing. Aldo Herbas Cuevas, Bach. Ing. Jherly Flor Garrafa Garcia	INFORME No. :	035-2023
TESIS:	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICAS MECANICAS DEL AFIRMADO. UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR DEL PAVIMENTO ASFALTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC 2023	FECHA DE ENSAYO:	13/12/2023
LOCALIZACIÓN:	CANTERA EL GRAN CHAPARRAL - CONDEBAMBA - ABANCAY - APURIMAC	MUESTRA:	M3
DESCRIPCIÓN:	ARENA BIEN GRADADA CON ARCILLA Y LIMO CON GRAVA SW SC DE BAJA PLASTICIDAD, COLOR AMARILLO CAFÉ	ADICIÓN:	60 % DE RAP



Densidad Seca (g/cm³)

MÉTODO DE COMPACTACIÓN : NTP 339.141 / MTC E - 115 / ASTM D-1557

MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 2.010

ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.22

95% MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.910 95%

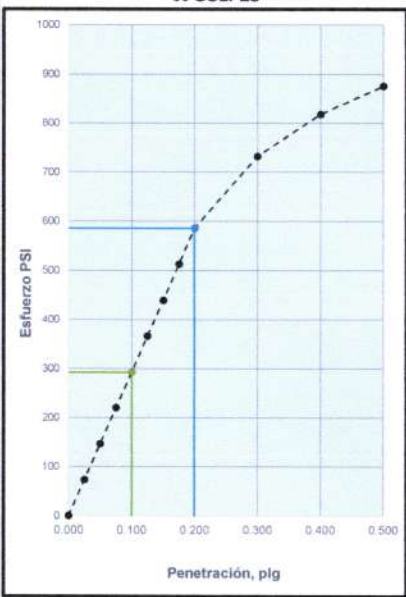
C.B.R. al 100% de M.D.S (0,1") :	47.75
C.B.R. al 95% de M.D.S (0,1") :	38.73

RESULTADOS:

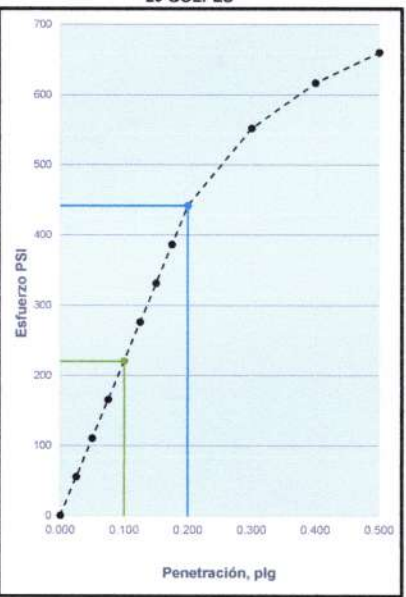
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 47.75 %

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 38.73 %

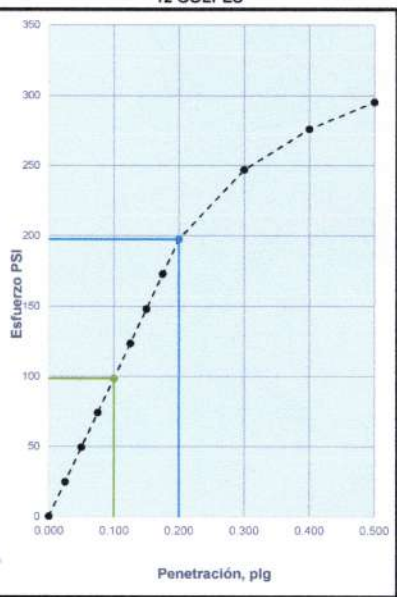
56 GOLPES



25 GOLPES



12 GOLPES



OBSERVACIONES: _____

REALIZÓ



APROBÓ



ING. CIVIL
CIP. N° 300569

Figura 105 — Resultado CBR grupo experimental 9 (G₉) muestra M₃₉ 2 de 2

Anexo C

Certificados de calibración



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.
Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co




LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

Certificado de Calibración - Laboratorio de Fuerza
Calibration Certificate - Laboratory of Force

F-28988-002 R0

Page / Pág. 1 de 5

Equipo <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN UNIAXIAL	Los resultados emitidos en este Certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante. Este Certificado de Calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). El usuario es responsable de la Calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo. <i>The results issued in this Certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.</i> <i>This Calibration Certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i> <i>The user is responsible for Calibration the measuring instruments at appropriate time intervals.</i>
Fabricante <i>Manufacturer</i>	PINZUAR	
Modelo <i>Model</i>	PS91//S0S0302	
Número de Serie <i>Serial Number</i>	123	
Identificación Interna <i>Internal Identification</i>	No presenta	
Capacidad Máxima <i>Maximum Capacity</i>	50 kN	
Solicitante <i>Customer</i>	LUNIX INGENIEROS S.R.L.	
Dirección <i>Address</i>	AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA	
Ciudad <i>City</i>	APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY	
Fecha de Calibración <i>Date of calibration</i>	2023 - 05 - 09	
Fecha de Emisión <i>Date of issue</i>	2023 - 05 - 16	
Número de páginas del certificado, incluyendo anexos 05 <i>Number of pages of the certificate and documents attached</i>		

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el Certificado, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del Certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the Certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado
Signatures Authorizing the Certificate



Ing. Sergio Iván Martínez
Director Laboratorio de Metrología



Tecg. Jaíver López Poveda
Metrologo Laboratorio de Metrología

LM-PC-05-F-01 R12.0

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 106 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 1 de 5

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No.18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

F-28988-002 RO

Pág. 2 de 5

DATOS TÉCNICOS

Máquina de Ensayo Bajo Calibración

Clase	1,0
Dirección de Carga	Compresión
Tipo de Indicación	Digital
División de Escala	0,1 kN
Resolución	0,1 kN
Intervalo de Medición Calibrado	Del 20 % al 100 % de la carga máxima.
Límite Inferior de la Escala	20 kN

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó siguiendo los lineamientos establecidos en el documento de referencia ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system, en donde se especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10°C a 35°C, con una variación máxima de 2°C durante cada serie de medición. Se utilizó el método de comparación directa aplicando Fuerza Indicada Constante.

Se realizó una inspección general de la máquina y se determina que: Se puede continuar la calibración como se recibe el equipo

Tabla 1.

Indicaciones como se entrega la máquina

Indicación del IBC		Indicaciones Registradas del Equipo Patrón para Cada Serie					Promedio S _{1,2 y 3} kN
		S ₁ Ascendente kN	S ₂ Ascendente kN	S ₂ ' No Aplica ----	S ₃ Ascendente kN	S ₄ No Aplica ----	
20	10,0	9,997 2	9,990 2	----	9,991 2	----	9,992 9
30	15,0	14,998	14,991	----	14,995	----	14,994
40	20,0	19,993	19,992	----	19,990	----	19,992
50	25,0	24,992	24,987	----	24,988	----	24,989
60	30,0	29,978	29,988	----	29,980	----	29,982
70	35,0	34,963	34,978	----	34,968	----	34,970
80	40,0	39,957	39,960	----	39,950	----	39,955
90	45,0	44,918	44,990	----	44,970	----	44,993
100	50,0	49,925	49,930	----	49,945	----	49,933

LM-PC-05 F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 107 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 2 de 5



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-28988-002 R0

Pág. 3 de 5

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 2.

Error realtivo de cero, f_0 , calculado para cada serie de medición a partir de su cero residual

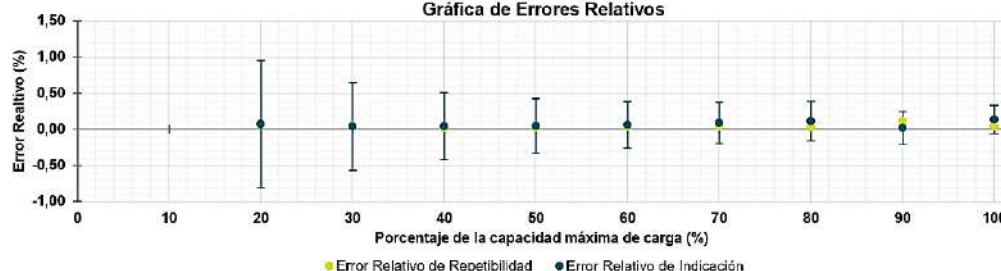
$f_{0,s1}$ %	$f_{0,s2}$ %	$f_{0,s2'}$ %	$f_{0,s3}$ %	$f_{0,s4}$ %
0,200	0,200	---	0,200	---

Tabla 3.

Resultados de la Calibración de la máquina de ensayo.

Indicación del IBC		Errores Relativos			Resolución Relativa a %	Incertidumbre Expandida U kN %		$k_{p=95\%}$ ----
		Indicación q %	Repetibilidad b %	Reversibilidad v %				
%	kN							
20	10,0	0,07	0,07	---	1,000	0,088	0,88	2,01
30	15,0	0,04	0,05	---	0,667	0,091	0,61	2,01
40	20,0	0,04	0,02	---	0,500	0,093	0,47	2,01
50	25,0	0,04	0,02	---	0,400	0,095	0,38	2,01
60	30,0	0,06	0,03	---	0,333	0,097	0,32	2,01
70	35,0	0,09	0,04	---	0,286	0,100	0,29	2,01
80	40,0	0,11	0,03	---	0,250	0,11	0,28	2,01
90	45,0	0,02	0,11	---	0,222	0,10	0,23	2,01
100	50,0	0,13	0,04	---	0,200	0,100	0,20	2,01

Gráfica de Errores Relativos



CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de la Calibración fue LABORATORIO de la empresa LUNIX INGENIEROS S.R.L. ubicada en ABANCAY. Durante la Calibración se presentaron las siguientes condiciones ambientales.

Temperatura Ambiente Máxima:	19,5 °C	Temperatura Ambiente Mínima:	19,0 °C
Humedad Relativa Máxima:	63 % HR	Humedad Relativa Mínima:	60 % HR

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 108 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 3 de 5



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA ISO/IEC 17025:2017 11-LAC-604

F-28988-002 R0

Pag. 4 de 5

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN Continuación...

Tabla 4.

Coeficientes para el cálculo de la fuerza en función de su deformación y su R^2 , el cual refleja la bondad del ajuste del modelo a la variable.

A_0	A_1	A_2	A_3	---	R^2
1,18730 E-02	9,97790 E-01	7,64935 E-05	-1,16498 E-06		1,0000 E00

Ecuación 1: donde F (kN) es la fuerza calculada y X (kN) es el valor de deformación evaluado

$$F = A_0 + (A_1 * X) + (A_2 * X^2) + (A_3 * X^3)$$

Tabla 5.

Valores calculados en función de la fuerza aplicada (kN)

Indicación kN	0,0	0,5	1,0	1,5	2,0
5,0	5,002 6	5,501 8	6,001 1	6,500 4	6,999 8
7,5	7,499 1	7,998 5	8,497 9	8,997 3	9,496 8
10,0	9,996 3	10,496	10,995	11,495	11,994
12,5	12,494	12,994	13,493	13,993	14,492
15,0	14,992	15,492	15,991	16,491	16,991
17,5	17,490	17,990	18,490	18,990	19,489
20,0	19,989	20,489	20,988	21,488	21,988
22,5	22,488	22,987	23,487	23,987	24,487
25,0	24,986	25,486	25,986	26,485	26,985
27,5	27,485	27,984	28,484	28,984	29,483
30,0	29,983	30,483	30,982	31,482	31,981
32,5	32,481	32,980	33,480	33,979	34,479
35,0	34,978	35,478	35,977	36,476	36,976
37,5	37,475	37,974	38,474	38,973	39,472
40,0	39,971	40,470	40,970	41,469	41,968
42,5	42,467	42,966	43,465	43,963	44,462
45,0	44,961	45,460	45,959	46,457	46,956
47,5	47,455	47,953	48,452	48,950	49,449
50,0	49,947				

Tabla 6.

Valores Residuales

Indicación del IBC kN	Promedio S1, 2 y 3 kN	Por Interpolación kN	Residuales kN
10,0	9,992 9	9,996 3	0,0
15,0	14,994	14,992	0,0
20,0	19,992	19,989	0,0
25,0	24,989	24,986	0,0
30,0	29,982	29,983	0,0
35,0	34,970	34,978	0,0
40,0	39,955	39,971	0,0
45,0	44,993	44,981	0,0
50,0	49,933	49,947	0,0

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 109 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 4 de 5



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



F-28988-002 R0

Pág. 5 de 5

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura $k=2,011$ y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95% y no menor a este valor. La incertidumbre expandida fue estimada bajo los lineamientos del documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

Los resultados reportados en este certificado de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página dos se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.



Instrumento Patrón	
Instrumento	Transductor de Fuerza de 50 kN.
Modelo	U9B.
Clase	0.5.
Número de Serie	017423.
Certificado de Calibración	5186 del INM.
Próxima Calibración	2023-06-30.

CRITERIOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA DE ENSAYO

La siguiente Tabla proporciona los valores máximos permitidos, para los diferentes errores relativos del sistema de medición de fuerza y para la resolución relativa del indicador de fuerza que caracteriza una escala de la máquina de ensayo de acuerdo con la clase apropiada para sus ensayos según la sección 7 de la Norma ISO 7500-1:2018 Metallic materials - Calibration and verification of static uniaxial testing machines - Part 1: Tension/compression testing machines - Calibration and verification of the force-measuring system

Clase de la escala de la máquina	Indicación	Repetibilidad	Reversibilidad*	Cero	Resolución relativa
0,5	0,5	0,5	0,75	0,05	0,25
1	1	1	1,5	0,1	0,5
2	2	2	3	0,2	1
3	3	3	4,5	0,3	1,5

*El error relativo de reversibilidad se determina solamente cuando es previamente solicitado por el cliente.

OBSERVACIONES

- Se emplea la coma (,) como separador decimal.
- En cualquier caso, la máquina debe calibrarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes. Numeral 9. ISO 7500-1:2018
- Con el presente Certificado de Calibración se adjunta la etiqueta de Calibración No. F-28988-002

Fin del Certificado

LM-PC-05-F-01 R12.6

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 110 — Certificado de calibración máquina compresión uniaxial 5 de 5



LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.
Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co


LABORATORIO DE METROLOGÍA
IV-6821

Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología
Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-04-26

Datos del cliente

Solicitante: LUNIX INGENIEROS S.R.L.
Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Trazabilidad

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de rey de 300 mm- Exteriores	015203P	L-25931-004
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	025202P	L-23351-001
Balanza Digital 6200 g x 0,01 g	021202P	LCM-235-2020



Resultados de verificación

TRIPODE DE EXPANSION DE CBR

Norma: ASTM D1883
Referencia: PS1
Modelo: A010205

Cantidad: 1 und

CARACTERISTICAS	RESULTADO
Altura del Tripode	119,85 mm
Peso del Tripode	502,32 g


Tec. Aron Soriano
Técnico-Laboratorio Metrología


Ing. Felix Jaramillo
Metrólogo-Laboratorio Metrología

(*) Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 111 — Certificado de calibración trípode de expansión de CBR

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co

PINZUAR®

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología**IV-6821**

Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-04-26

Datos del clienteSolicitante: **LUNIX INGENIEROS S.R.L.**

Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Trazabilidad

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de rey de 300 mm- Exteriores	015203P	L-25931-004
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	025202P	L-23351-001

**Resultados de verificación****PLACA DE EXPANSIÓN EN BRONCE PARA CBR**

Norma: ASTM D1883

Referencia: PS20

Modelo: A010205

Cantidad: 3 und

CARACTERÍSTICAS	RESULTADO
Diámetro exterior	150,62 mm
Perforaciones	42,00 un
Diámetro de Perforaciones	1,59 mm
Espesor	6,36 mm

Tec. Aron Soriano
Técnico-Laboratorio Metrología



Ing. Felix Jaramillo
Metrólogo-Laboratorio Metrología

(*) Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 112 — Certificado de calibración placa de expansión en bronce para CBR

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología**IV-6821**

Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-04-26

Datos del clienteSolicitante: **LUNIX INGENIEROS S.R.L.**

Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Trazabilidad

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de Rey de 300 mm- Interiores	025201P	L-25931-002
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	025202P	L-23351-001
Pie de rey de 300 mm- Exteriores	015203P	L-25931-004

**Resultados de verificación****MOLDE PARA PRUEBA DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO**

Norma: ASTM D698, ASTM D1557

Referencia: PS3

Modelo: A010205

Cantidad: 1 und

CARACTERÍSTICAS	RESULTADO
Altura caja del collar	9,64 mm
Diámetro externo del collar	166,25 mm
Altura del collar	60,44 mm
Diámetro interno del molde	152,85 mm
Altura del molde	116,54 mm
Altura caja del molde	9,85 mm
Altura de la base	13,21 mm

Tec. Aron Soriano
Técnico-Laboratorio Metrología



Ing. Felix Jaramillo
Metrólogo-Laboratorio Metrología

(*) Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 113 — Certificado de calibración molde de compactación proctor modificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología**IV-6821**

Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-04-26

Datos del cliente

Solicitante: LUNIX INGENIEROS S.R.L.

Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Trazabilidad

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Balanza Digital 6200 g x 0,01 g	021202P	LCM-235-2020
Pie de rey de 150 mm- Exteriores	025202P	L-23351-001
Pie de rey de 300 mm- Exteriores	015203P	L-25931-004
Cinta Metrica - Clase II	015001P	L-25931-006

**Resultados de verificación****MARTILLO PARA PRUEBA DE COMPACTACIÓN MODIFICADO**

Norma: ASTM D1557

Referencia: PS4

Modelo: S010203

Cantidad: 1 und

CARACTERÍSTICAS	RESULTADO
Masa de la pesa	4,54 kg
Diámetro de la pesa	50,95 mm
Altura de caída del martillo	458,20 mm
Perforaciones en la camisa guía	8,00 N.A.
Diámetro de los orificios de la camisa	9,55 mm

Tec. Aron Soriano
Técnico-Laboratorio Metrología



Ing. Felix Jaramillo
Metrólogo-Laboratorio Metrología

(*) Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 114 — Certificado de calibración martillo de compactación modificado

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
 (+57 60 1) 745 4555 • Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
17-LAC-034**Certificado de Calibración - Laboratorio de Temperatura****T-28988-003 R0**

Calibration Certificate - Temperature Laboratory

Page / Pág 1 de 3

Equipo
Instrument HORNO

Fabricante
Manufacturer PINZUAR

Modelo
Model PG-2002

Número de Serie
Serial Number 174

Identificación Interna
Internal Identification No presenta

Intervalo de Medición
Measurement Range 30 °C a 200 °C

Solicitante
Customer LUNIX INGENIEROS S.R.L.

Dirección
Address AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB.
 CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA
 GLORIA)

Ciudad
City APURIMAC - ABANCAY

Fecha de Calibración
Date of Calibration 2023 - 05 - 10

Fecha de Emisión
Date of Issue 2023 - 05 - 17

Número de páginas del certificado, incluyendo anexos
Number of pages of the certificate and documents attached

03

Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

Este certificado de calibración documenta y asegura la trazabilidad de los resultados reportados a patrones nacionales e internacionales, que reproducen las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos en apropiados intervalos de tiempo.

The results issued in this certificate relates to the time and conditions under which the measurements. These results correspond to the item that relates on page number one. The laboratory, which will not be liable for any damages that may arise from the improper use of the instruments and/or the information provided by the customer.

This calibration certificate documents and ensures the traceability of the reported results to national and international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).

The user is responsible for recalibrating the measuring instruments at appropriate time intervals.

Sin la aprobación del Laboratorio de Metrología Pinzuar no se puede reproducir el informe, excepto cuando se reproduce en su totalidad, ya que proporciona la seguridad que las partes del certificado no se sacan de contexto. Los certificados de calibración sin firma no son válidos.

Without the approval of the Pinzuar Metrology Laboratory, the report can not be reproduced, except when it is reproduced in its entirety, since it provides the security that the parts of the certificate are not taken out of context. Unsigned calibration certificates are not valid.

Firmas que Autorizan el Certificado

Signatures Authorizing the Certificate

Ing. Sergio Iván Martínez
 Director Laboratorio de Metrología

Tecg. Andrés Molina Ruiz
 Metrólogo Laboratorio de Metrología

LMP-C-213-01 R01

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 115 — Certificado de calibración horno 1 de 3

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.

Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 - Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co



T-28988-003 R0

Page / Pág 2 de 3

DATOS TÉCNICOS

Método Empleado: Comparación Directa
Resolución: 0,01 °C
Volumen Útil: 80 L (Alto: 0,4 m, Ancho: 0,4 m, Profundo: 0,5 m) Ver Figura 1.
Documento de Referencia: DAKKS DKD-R 5 - 7 Kalibrierung von Klimaschränken Ausgabe 09/2018

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN

Al medio isoterma en referencia se le efectuó una inspección visual y se determinó que estaba en buen estado. Se establece que el medio presentaba una buena condición para la calibración, luego se procedió a la calibración y caracterización respectiva en los puntos acordados con el cliente ejecutando las pruebas definidas del Metodo A) Calibración realizada en el volumen útil abarcado por la ubicación de los sensores en un medio isoterma aire sin carga

Tabla 1.

Resultados de la medición de temperatura en posición de referencia

Set Point ¹	Indicación Promedio del Patrón	Indicación Promedio del IBC	Corrección a la Indicación	Incertidumbre Expandida U	k _{p=95,45 %}
°C	°C	°C	°C	°C	—
110,0	111,2	109,6	1,6	1,8	2,01



Figura 1. Posición de cada sensor.

Tabla 2.

Resultados de la caracterización del volumen del IBC para 110 °C

Set Point ¹	Uniformidad ^a	Estabilidad ²	Efecto de Radiación ⁴	Efecto de Carga ⁵
°C	°C	°C	°C	°C
110,0	1,153	0,132	0,577	No Aplica

Tabla 3.

Valores de temperatura promedio medidos en cada posición del volumen para el Set Point igual a 110 °C

Posición de Referencia	Posición 1	Posición 2	Posición 3	Posición 4	Posición 5	Posición 6	Posición 7	Posición 8
°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C	°C
111,18	110,02	110,76	111,13	110,24	110,73	110,64	110,60	111,39

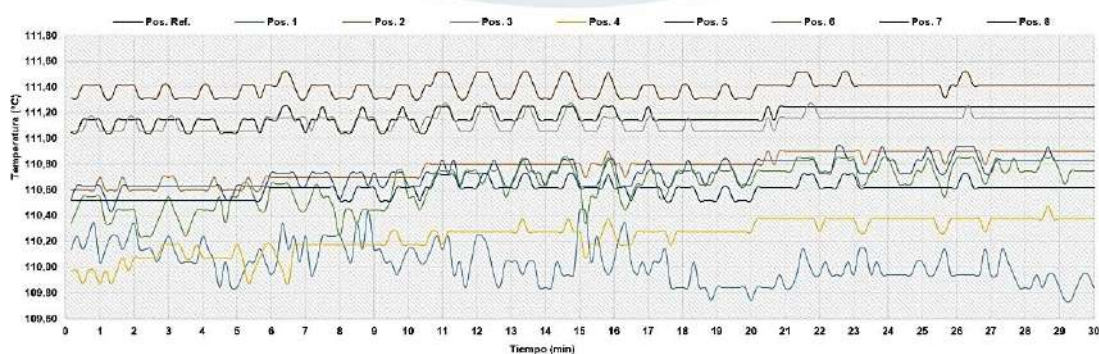


Figura 2. Comportamiento de la temperatura en cada posición durante el registro de datos en estado considerado estable.

LM-PC-21-F-01 R0.1

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 116 — Certificado de calibración horno 2 de 3

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR S.A.S.
Carrera 104 B No. 18 - 26 Bogotá D.C. - Colombia
(+57 60 1) 745 4555 · Cel.: 316 538 5810 - 317 423 3640
www.pinzuar.com.co


LABORATORIO DE METROLOGÍA

ISO/IEC 17025:2017
11-LAC-004

T-28988-003 R0
Page / Pág 3 de 3

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN *(Continuación)*

Definiciones

- ¹ Valor de temperatura programado en el controlador de equipo.
- ² Fluctuación de la temperatura determinada por un registro de datos durante un periodo mayor o igual a 30 minutos, después de alcanzado el estado estable en la posición de referencia (centro del volumen útil).
- ³ Diferencia máxima de temperatura en un lugar de medición determinado por los extremos del volumen útil desde la posición de referencia.
- ⁴ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde al intercambio de calor por radiación dado por la temperatura ambiente y la pared interna de la cámara que se diferencian a la temperatura del aire medida con un termómetro que está protegido contra la influencia con un escudo.
- ⁵ Aplica para medios isotermos con aire como fluido y corresponde a la máxima diferencia de temperatura encontrada por el sensor ubicado en la posición de referencia cuando el volumen útil del equipo está parcialmente ocupado y cuando se encuentra vacío. Esta prueba se ejecuta según acuerdo previo con el cliente.

CONDICIONES AMBIENTALES

El lugar de calibración fue LABORATORIO ; LUNIX INGENIEROS S.R.L. ; ABANCAY . Durante la calibración se registraron las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Máxima	20,1 °C	Humedad Máxima	61 %HR
Temperatura Mínima	19,2 °C	Humedad Mínima	60 %HR

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN

La incertidumbre expandida de la medición reportada (página No. 2 Tablas de resultados), se establece como la incertidumbre estándar de medición multiplicada por el factor de cobertura "k" y la probabilidad de cobertura, la cual debe ser aproximada al 95 % y no menor a este valor. Basados en el documento: JCGM 100:2008. GUM 1995 with minor corrections. Evaluation of measurement data Guide to the expression of uncertainty in measurement. First Edition. September 2008.

TRAZABILIDAD

El/Los resultado(s) reportado(s) en este certificado(s) de calibración se obtuvieron utilizando patrones trazables al SI a través de institutos nacionales de metrología y/o laboratorios acreditados y son parte de un programa de aseguramiento metrológico que garantiza la exactitud e incertidumbres requeridas. El/Los certificado (s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan posteriormente se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR."



Equipo	Certificado de Calibración
Termómetro Digital Multicanal	T-27401-003 R0 de Pinzuar

OBSERVACIONES

1. Se usa la coma como separador decimal.
2. El número de puntos de calibración, cantidad de sensores y ubicación son acordados y aceptados por el cliente
3. El volumen útil o zona de trabajo donde es válida la caracterización es acordada con el cliente.
4. Se adjunta la etiqueta de calibración **No. T-00028-988**

LM-PC-21-F-01 R5.1

Fin del Documento

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 117 — Certificado de calibración horno 3 de 3

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
 (+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
 www.pinzuar.com.co



LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Verificación - Laboratorio de Metrología**IV-6821**

Verification Certificate - Metrology Laboratory

Fecha de verificación: 2023-04-26

Datos del clienteSolicitante: **LUNIX INGENIEROS S.R.L.**

Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA) APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Trazabilidad

El/Los certificado(s) de calibración de el/los patrón(es) usado(s) como referencia para la calibración en cuestión, que se mencionan en la página se pueden descargar accediendo al enlace en el código QR.

Equipo de Medición	Código de Identificación	Certificado de Calibración
Pie de rey de 300 mm- Exteriores	015203P	L-25931-004
Cinta Metrica - Clase II	015001P	L-25931-006

**Resultados de verificación****TAMIZADORA ELETRICA**

Norma: ASTM E11

Referencia: PS35

Modelo: S010203

Cantidad: 1 und

CARACTERISTICAS	RESULTADO
Díametro del Marco	205,54 mm
Altura general	970,2 mm
Altura del Tamizado	550,42 mm

Tec. Aron Soriano
Técnico-Laboratorio Metrología



Ing. Felix Jaramillo
Metrólogo-Laboratorio Metrología

[*] Los resultados emitidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. Dichos resultados solo corresponden al ítem que se relaciona en esta página. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos y/o de la información suministrada por el solicitante.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
 Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 118 — Certificado de calibración tamizadora eléctrica

LABORATORIO DE METROLOGÍA PINZUAR LTDA.

Calle Ricardo Palma No. 998 Urb. San Joaquín - Bellavista - Callao
(+51 1) 562 1263 Cel: 986 654 547 - 943 827 118
www.pinzuar.com.co



CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN IV-6821

Fecha: 2023-04-26

Solicitante: LUNIX INGENIEROS S.R.L.

Dirección: AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA (DETRAS DEL COLEGIO VILLA GLORIA)
APURIMAC - ABANCAY - ABANCAY

Instrumento: Conjunto para determinar el limite de plástico de los suelos

Fabricante: Pinzuar Ltda.

Modelo: PS - 14

Trazabilidad: Pie de Rey Digital

Norma de referencia: INV E - 126

Pruebas realizadas: Verificación

Se realizaron las siguientes inspecciones:

CARACTERISTICAS	RESULTADO
Espátula flexible	4"
Probeta plástica de 25 ml	25 ml
Mortero de porcelana de Ø115 mm con pistilo	109.64 mm
12 recipientes con tapa para humedad	12 unid
Placa de vidrio esmerilado de 300 mm x 300 mm	30 mm x 30 mm


Ing. Felix Jaramillo Castillo
Metrólogo Laboratorio de Metrología

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

Pinzuar Ltda., no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento y/o la información contenida en este documento.

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO
Fuerza | Longitud | Masa | Par Torsional | Presión | Temperatura

Figura 119 — Certificado de calibración pie de rey digital



PyS EQUIPOS
LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2159-2023

DESTINATARIO : LUNIX INGENIEROS S.R.L.
DIRECCION : AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA APURIMAC - AB
FECHA : 2023/04/17
LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE MASA- PYS EQUIPOS

MARCA : OHAUS Nº DE SERIE : 8345671831 MODELO : NVT6201ZH TIPO : ELECTRÓNICA CLASE : III	CAPACIDAD MÁXIMA : 6200 g DIV. DE ESCALA (d) : 0.1 g DIV. DE VERIFICACIÓN (e) : 0.1 g CÓDIGO : NO INDICA CAPACIDAD MÍNIMA : 2 g	
---	--	--

PESAS UTILIZADAS: CERTIFICADO: 335-CM-M-2022 / 336-CM-M-2022

CALBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-96 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-001

INSPECCIÓN VISUAL

AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	NO TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temp °C	Inicial		Final		H. R. %	Inicial		Final	
	23.4	23.4				67	66		
Medición Nº	Carga L1 = 1 (g)	3000.00 g	ΔL (g)	E (g)		Carga L2 = 1 (g)	6000.00 g	ΔL (g)	E (g)
1	2999.90		0.04	-0.090		6000.00		0.07	-0.020
2	3000.00		0.08	-0.030		6000.00		0.07	-0.020
3	3000.00		0.07	-0.020		6000.00		0.05	0.000
4	3000.00		0.07	-0.020		6000.00		0.07	-0.020
5	3000.00		0.08	-0.030		6000.00		0.08	-0.030
6	3000.00		0.07	-0.020		6000.00		0.07	-0.020
7	3000.00		0.07	-0.020		6000.00		0.06	-0.010
8	3000.00		0.07	-0.020		6000.00		0.07	-0.020
9	3000.00		0.05	0.000		6000.00		0.05	0.000
10	3000.00		0.08	-0.030		6000.00		0.07	-0.020

$E = | + \frac{1}{2} e - \Delta L - L$

Carga (g)	Diferencia Máxima (g)	E.M.P. (g)
3000.00	0.090	0.03
6000.00	0.030	0.03

OBSERVACIONES:

- Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PyS EQUIPOS E.I.R.L.
- El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

Figura 120 — Certificado de calibración balanza de clase I 1 de 2



PYS EQUIPOS
LABORATORIO DE METROLOGIA

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
ANCA	1
3	4

Temp. °C

Inicial	Final
23.4	23.5

H.R. (%)

Inicial	Final
66	67

Posición de la Carga	Carga Mínima* (g)	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (g)	
		I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
1	1	1.0	0.07	-0.020	2000	1999.90	0.04	-0.090	-0.070	0.02
2		1.0	0.08	-0.030		1999.90	0.05	-0.100	-0.070	0.02
3		1.0	0.07	-0.020		2000.00	0.07	-0.020	0.000	0.02
4		0.9	0.04	-0.090		2000.00	0.07	-0.020	0.070	0.02
5		0.9	0.05	-0.100		2000.00	0.07	-0.020	0.080	0.02

* Valor entre 0 y 10e E = I + ½e - ΔL - L Ec = E - Eo

ENSAYO DE PESAJE

Temp. °C

Inicial	Final
23.5	23.5

H.R. (%)

Inicial	Final
67	67

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
2.00	1.99	0.04	0.000		9.99	0.05	-0.010	-0.010	0.01
10.00	9.99	0.04	0.000	0.000	100.00	0.04	0.010	0.010	0.01
100.00	100.00	0.08	-0.030	-0.030	1000.00	0.04	-0.090	-0.090	0.01
500.00	499.90	0.04	-0.090	-0.090	5000.00	0.05	-0.100	-0.100	0.03
1000.00	999.90	0.07	-0.120	-0.120	10000.00	0.04	-0.090	-0.090	0.01
1500.00	1500.00	0.08	-0.030	-0.030	15000.00	0.04	0.010	0.010	0.02
2000.00	1999.90	0.05	-0.100	-0.100	19999.90	0.08	-0.130	-0.130	0.02
3000.00	3000.00	0.08	-0.030	-0.030	30000.00	0.07	-0.020	-0.020	0.02
4000.00	4000.00	0.07	-0.020	-0.020	40000.00	0.08	-0.030	-0.030	0.02
5000.00	4999.90	0.04	-0.090	-0.090	49999.90	0.05	-0.100	-0.100	0.03
6000.00	5999.90	0.04	-0.090	-0.090	59999.90	0.04	-0.090	-0.090	0.03

E = I + ½e - ΔL - L Ec = E - Eo

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: U = 0,07 g

EPP

Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrologia

J. Negrón

Calibrado por:
Javier Negrón C.
Dpto. Metrologia



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

Figura 121 — Certificado de calibración balanza de clase I 2 de 2



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-2160-2023

DESTINATARIO : LINUX INGENIEROS S.R.L.
DIRECCION : AV. ANTONIO SALAS BERTY NRO. 107 URB. CONDEBAMBA APURIMAC - AB
FECHA : 2023/04/17
LUGAR DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO DE MASA- PYS EQUIPOS

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN: BALANZA
MARCA : OHAUS **CAPACIDAD MÁXIMA** 620 g
Nº DE SERIE : 834768536 **DIV. DE ESCALA (d)** 0.01 g
MODELO : NV622ZH **DIV. DE VERIFICACIÓN (e)** 0.01 g
TIPO : ELECTRÓNICA **CÓDIGO** NO INDICA
CLASE : II **CAPACIDAD MÍNIMA** 0.2 g

PESAS UTILIZADAS: **CERTIFICADO:** 335-CM-M-2022 / 336-CM-M-2022

CALBRACIÓN EFECTUADA SEGÚN: NMP-003-96 y Procedimiento de Calibración de Balanzas de funcionamiento No Automático PC-011

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOS	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABA	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD						
Temp °C	Inicial			Final		
	27.1	27.1		65	64	
Medición	Carga L1 = 300.00 g			Carga L2 = 600.00 g		
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300.00	0.007	-0.002	599.99	0.004	-0.009
2	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.007	-0.002
3	300.00	0.007	-0.002	600.00	0.007	-0.002
4	300.00	0.008	-0.003	599.99	0.004	-0.009
5	299.99	0.004	-0.009	599.99	0.004	-0.009
6	300.00	0.006	-0.001	599.99	0.004	-0.009
7	299.99	0.004	-0.009	599.99	0.004	-0.009
8	300.00	0.007	-0.002	599.99	0.005	-0.010
9	299.99	0.004	-0.009	600.00	0.008	-0.003
10	300.00	0.007	-0.002	599.99	0.004	-0.009

$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$

Carga (g)	Diferencia Máxima (g)	E.M.P. (g)
300.00	0.008	0.03
600.00	0.008	0.03

OBSERVACIONES:
 1. Este informe de calibración NO podrá ser reproducido parcial o totalmente sin la autorización de PyS EQUIPOS E.I.R.L.
 2. El usuario es responsable de la calibración de los instrumentos de medición. Se recomienda realizar la calibración en intervalos de 06 meses dependiendo del uso y movilización de la misma

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

Figura 122 — Certificado de calibración balanza de clase II 1 de 2

PyS EQUIPOS
LABORATORIO DE METROLOGIA

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
ANCA	1
3	4

Temp. °C	Inicial	Final	H.R. (%)	Inicial	Final
	27.1	27.1		64	64

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo				Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (g)	
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)		Ec (g)
1	0.1	0.10	0.007	-0.002	200	200.00	0.007	-0.002	0.000	0.02
2		0.10	0.008	-0.003		200.01	0.009	0.006	0.009	0.02
3		0.09	0.004	-0.009		200.01	0.009	0.006	0.015	0.02
4		0.09	0.004	-0.009		199.99	0.004	-0.009	0.000	0.02
5		0.09	0.004	-0.009		199.98	0.002	-0.017	-0.008	0.02

* Valor entre 0 y 10e

$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$ $Ec = E - Eo$

ENSAYO DE PESAJE

Temp. °C	Inicial	Final		Inicial	Final
	27.1	27.1		64	64

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0.20	0.19	0.004	-0.009						
1.00	1.00	0.007	-0.002	0.007	1.00	0.005	0.000	0.009	0.01
10.00	9.99	0.004	-0.009	0.000	9.99	0.007	-0.012	-0.003	0.01
50.00	49.99	0.004	-0.009	0.000	49.99	0.004	-0.009	0.000	0.01
100.00	99.99	0.005	-0.010	-0.001	99.99	0.007	-0.012	-0.003	0.02
150.00	149.99	0.005	-0.010	-0.001	149.99	0.005	-0.010	-0.001	0.02
200.00	200.00	0.008	-0.003	0.006	200.00	0.007	-0.002	0.007	0.02
300.00	300.00	0.008	-0.003	0.006	300.00	0.009	-0.004	0.005	0.03
400.00	400.01	0.009	0.006	0.015	400.01	0.004	0.011	0.020	0.03
500.00	500.01	0.009	0.006	0.015	500.01	0.007	0.008	0.017	0.03
600.00	599.99	0.005	-0.010	-0.001	599.99	0.005	-0.010	-0.001	0.03

$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$ $Ec = E - Eo$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: $U = 6 \text{ mg} + (1,3 \times 10^{-6})$

Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrología

Calibrado por:
Javier Negron C.
Dpto. Metrología



Calle 4, Mz F1, Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

*PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

Figura 123 — Certificado de calibración balanza de clase II 2 de 2

Anexo D

Evidencias fotográficas





Figura 124 — Situación actual de la carretera en el km 3+300 y km 0+800



Figura 125 — Situación actual de la carretera en el km 3+600 y km 4+000

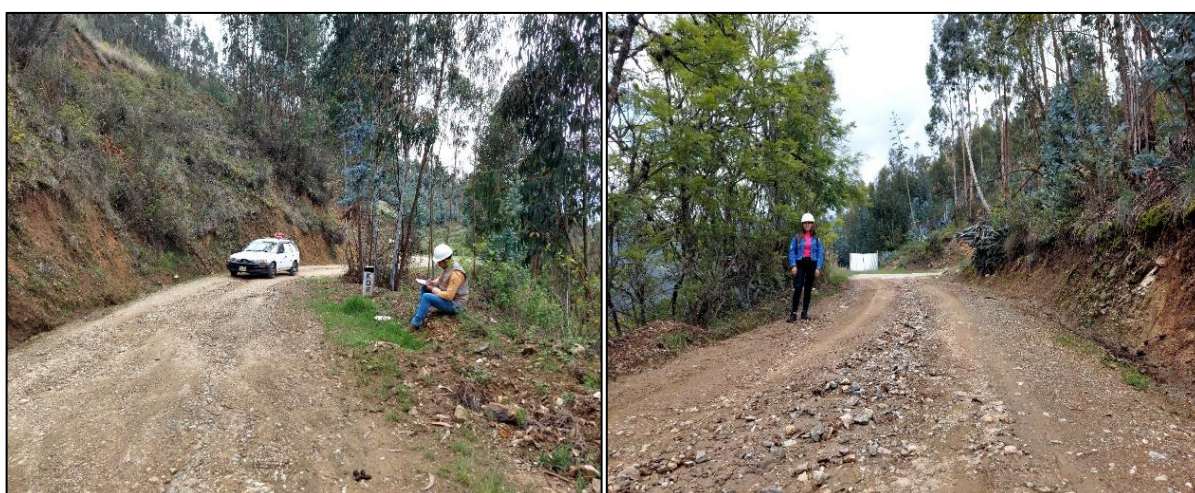


Figura 126 — Situación actual de la carretera en el km 5+000 y km 6+600



Figura 127 — Reciclaje de pavimento asfáltico en la Av. Pachacútec



Figura 128 — Recolección del afirmado de la cantera el gran Chaparral



Figura 129 — Cuarteo de muestras



Figura 130 — Trituración y preparación del pavimento asfáltico reciclado



Figura 131 — Análisis granulométrico de muestras



Figura 132 — Análisis granulométrico mediante tamizadora mecánica

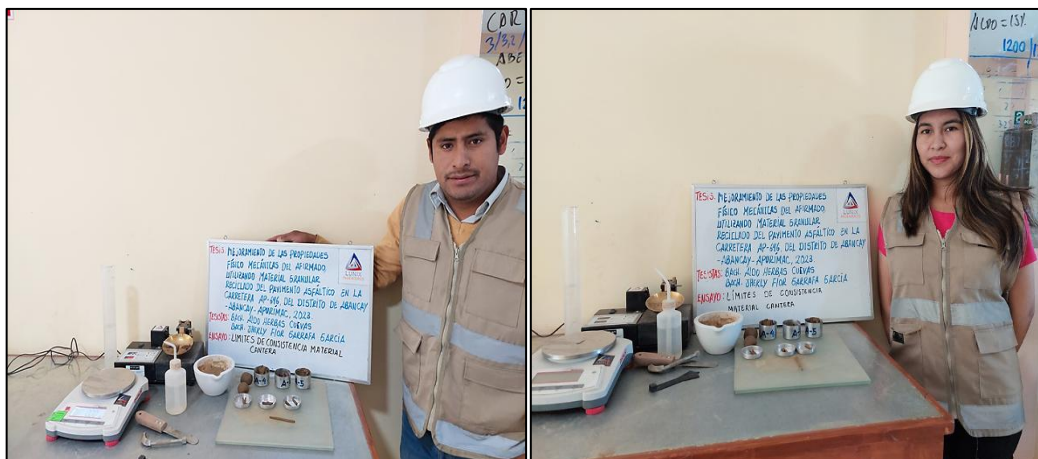


Figura 133 — Ensayo para la determinación de los límites de consistencia



Figura 134 — Secado de muestras en horno.



Figura 135 — Ensayo de equivalente de arena



Figura 138 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 20 %



Figura 139 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 25 %



Figura 140 — Proctor modificado del afirmado con adición de RAP al 45 %



Figura 141 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 0 %



Figura 142 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 0 %



Figura 143 — Culminación de penetración de la muestra con adición de RAP al 0 %



Figura 144 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 10 %



Figura 145 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 15 %



Figura 146 — Inmersión de muestras en un tanque de agua



Figura 147 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 15 %



Figura 148 — Culminación de penetración de la muestra con adición de RAP al 15 %



Figura 149 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 20 %



Figura 150 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 15 % y 20 %



Figura 151 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 30 %



Figura 152 — Preparativos para la inmersión de la muestra con adición de RAP al 30 %



Figura 153 — Compactación de la muestra con adición de RAP al 45 %



Figura 154 — Preparativos para la inmersión de la muestra con adición de RAP al 45 %



Figura 155 — Culminación de penetración de la muestra con adición de RAP al 45%



Figura 156 — Culminación de penetración de las muestras con adición de RAP al 5 %, 10 % y 20 %

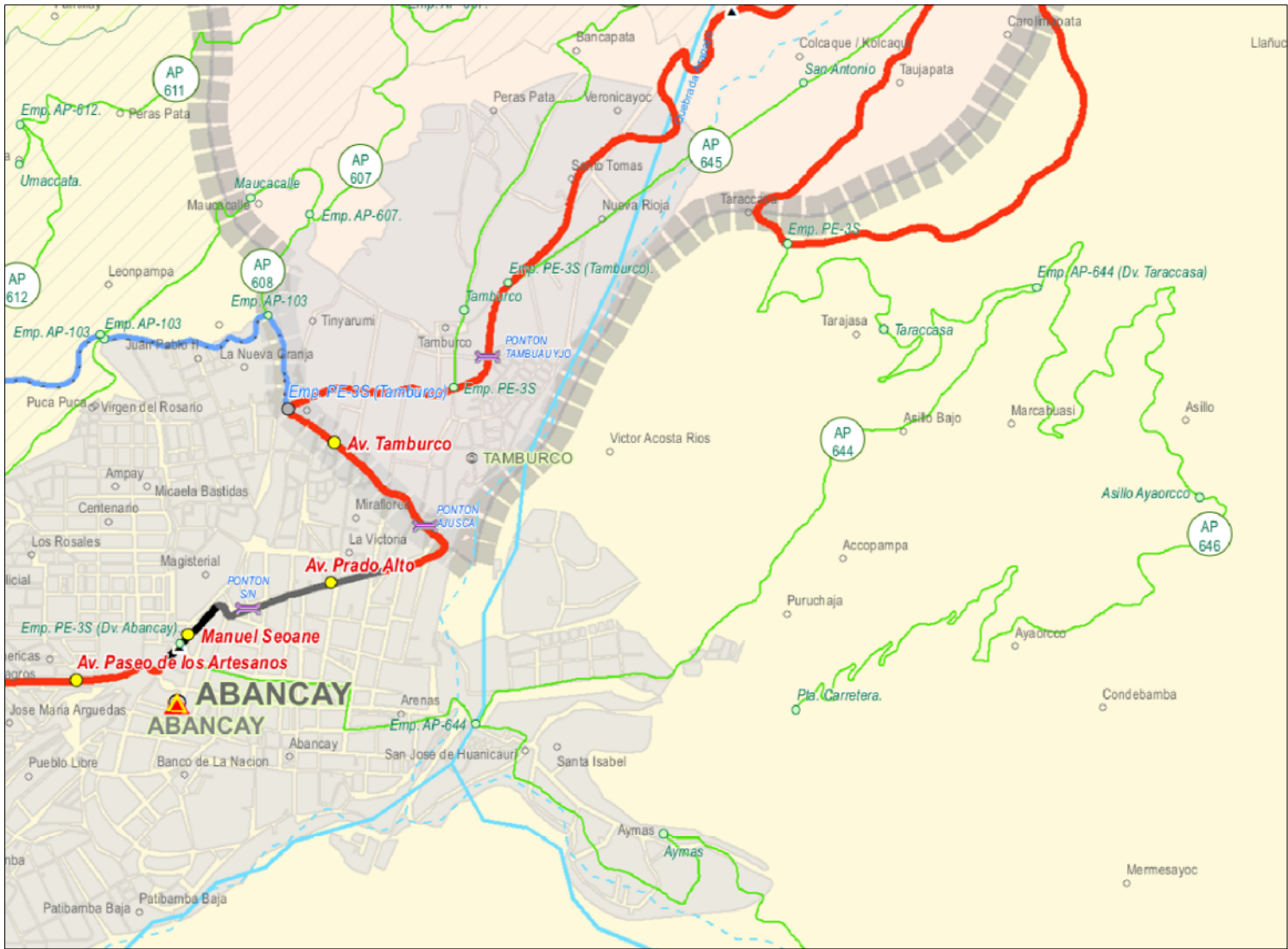
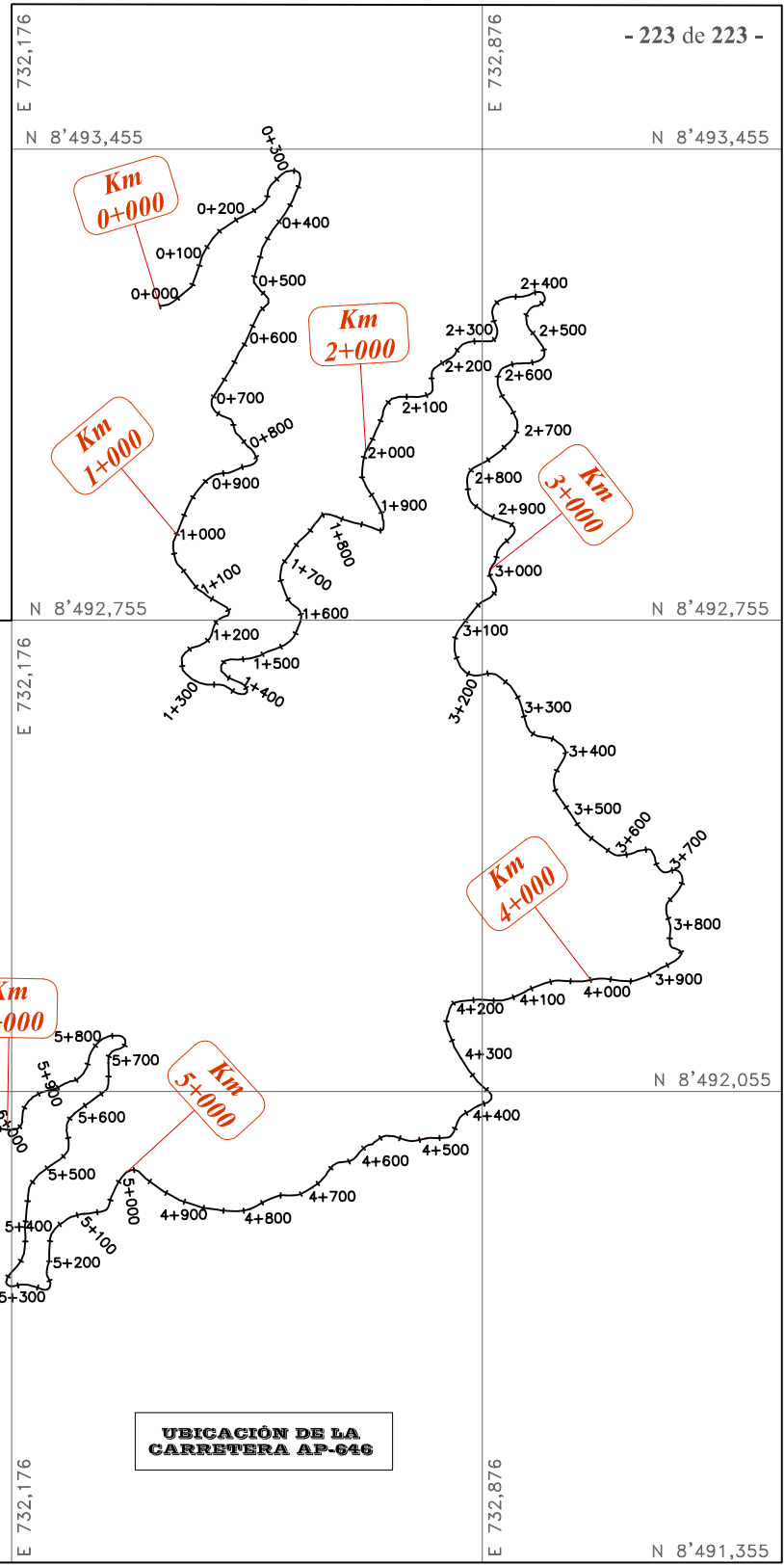
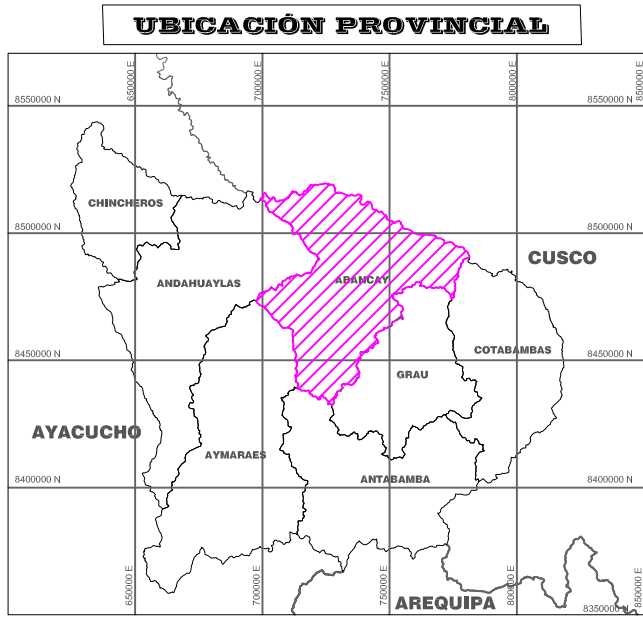
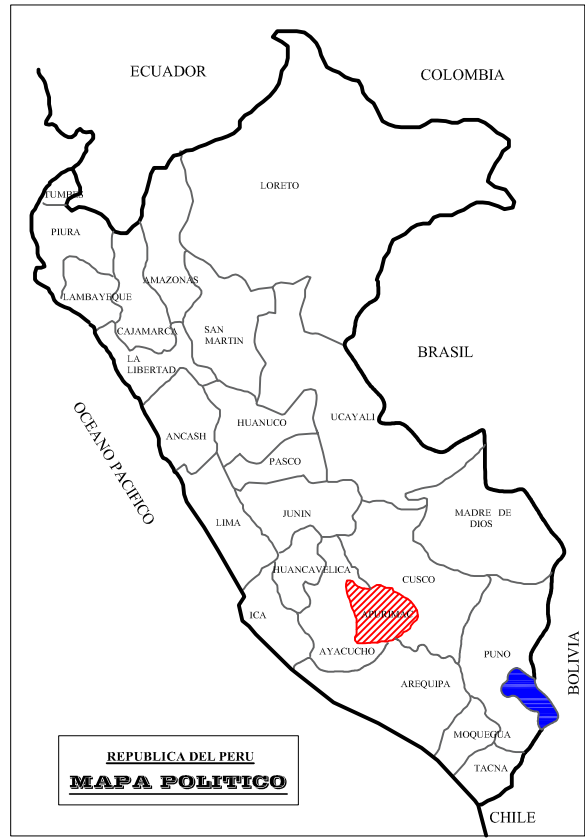


Figura 157 — Penetración de la muestra con adición de RAP al 60 %

Anexo E

Plano de ubicación





UBICACION
Región : APURIMAC
Prov. : ABANCAY
Dist. : ABANCAY

UNIVERSIDAD NACIONAL MICAELA BASTIDAS DE APURIMAC			
PROYECTO:		PLANO N°	
"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DEL AFIRMADO, UTILIZANDO MATERIAL GRANULAR RECICLADO DEL PAVIMENTO ASFÁLTICO EN LA CARRETERA AP - 646, DEL DISTRITO DE ABANCAY - ABANCAY - APURIMAC, 2023"		P-01	
PLANO:			
PLANO DE UBICACION			
ESCALA:	INDICADA	FECHA:	SEPTIEMBRE - 2024

Figura 158 - Plano de ubicación de la carretera AP - 646