

FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y
ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO
MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL
ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD –
HUANCAVELICA - 2023”**

Tesis para optar al título profesional de:

INGENIERO CIVIL

Autores:

Ricardo Daniel Alcantara Sanchez

Ronald Jhoel Martel Anguiz

Asesor:

Mg. Ing. Jvan Jovanovic Aguirre

<https://orcid.org/0000-0003-1609-1704>

Lima - Perú

JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	JOSE LUIS NEYRA TORRES	21454204
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	RUBEN KEVIN MANTURANO CHIPANA	46905022
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	NEICER CAMPOS VASQUEZ	42584435
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

REPORTE DE SIMILITUD

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD –

INFORME DE ORIGINALIDAD

12%	12%	3%	4%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	docs.google.com Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%

DEDICATORIA

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida.

A mi madre María Ines Sánchez Novoa por brindarme su apoyo incondicional. A mi difunto padre Diomedes Guillermo Alcántara Carranza que desde el cielo me brinda luz y fuerzas para seguir adelante, mi ejemplo de vida y modelo a seguir. A mis hermanos, por su confianza y apoyo incondicional.

A mis buenos amigos y familia Sebastian Raico Cuzco y Ronald Martel Anguiz, que me acompañan en este proceso tan importante de mi vida profesional.

Bach. Ricardo D. Alcántara Sanchez.

A Dios, ya que en cada oración escuchó mis plegarias para poder culminar mis estudios, a mis padres, Roberta Anguiz y Joel Martel, por apoyarme en este largo camino de vida universitaria, a mis tíos Alicia Anguiz y Juan Carlos Huamaní, a mi gran amigo Ricardo Alcántara Sánchez, que agradezco enormemente por la ayuda desinteresada, por darme la mano cuando lo necesite.

Bach. Ronald Jhoel Martel Anguiz

AGRADECIMIENTO

Agradecemos mucho a Dios quien ha sido nuestro guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado con nosotros hasta el día de hoy. A nuestros padres quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en nosotros el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está con nosotros siempre.

Asimismo, le dedicamos agradecemos a nuestro asesor Ing. Jvan Jovanovic Aguirre, por habernos guiado en todo este proceso, en base a su amplia experiencia y sabiduría ha sabido guiarnos de manera correcta para así poder lograr nuestros objetivo.

TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR.....	2
REPORTE DE SIMILITUD.....	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS.....	9
ÍNDICE DE FIGURAS.....	10
RESUMEN	15
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN.....	17
1.1. REALIDAD PROBLEMÁTICA.....	17
1.1.1. Antecedentes de la Investigación	19
1.1.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES	19
1.1.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES.....	22
1.2. BASES TEÓRICAS	23
1.2.1. Metodos de Estabilizacion de Suelo.....	23
1.2.2. Establización Química de Suelos – Métodos Tradicionales	24
1.2.3. Estabilización con Cemento Portland.....	25
1.2.3.1. COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO PORTLAND	26
1.2.3.2. CARACTERÍSTICAS Y PROPIEDADES DEL ACEITE.....	26
1.2.3.2.1 DENSIDAD.....	26
1.2.3.2.2 VISCOSIDAD.....	27
1.2.3.3. ACEITE DE MOTOR USADO (AMU) Y MEZCLA CON EL SUELO	28
1.2.3.4. CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S.	28
1.2.4. Justificación del Problema.....	30
1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	31
1.3.1. Problema General.....	31
1.3.2. Problemas Especificos	31
1.4. OBJETIVOS.....	32

1.4.1.	<i>Objetivo General</i>	32
1.4.2.	<i>Objetivos Especificos</i>	32
1.5.	HIPÓTESIS.....	33
1.5.1.	<i>Hipótesis General</i>	33
1.5.2.	<i>Hipótesis Específicas</i>	33
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		35
2.1.	TIPO DE INVESTIGACIÓN.....	35
2.2.	DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	35
2.3.	VARIABLES.....	35
2.3.1.	<i>Variable dependiente</i>	35
2.3.2.	<i>Variable independiente</i>	35
2.4.	POBLACIÓN Y MUESTRA.....	36
2.4.2.	<i>Población</i>	36
2.4.2.	<i>Muestra</i>	38
2.5.	INSTRUMENTOS Y TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	38
2.5.1.	<i>Instrumentos de Recolección de Datos</i>	38
2.5.1.	<i>Técnicas de Recolección de Datos</i>	39
2.6.	PROCEDIMIENTO.....	39
CAPÍTULO III: RESULTADOS.....		54
3.1.	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA CANTERAS SAN VICENTE.	54
3.2.	ANÁLISIS DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE CON DOSIFICACIONES DE ACEITE DE MOTOR RECICLADO Y CEMENTO PORTLAND TIPO I.	55
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		57
4.1.	DISCUSIÓN.....	57
4.1.1.	<i>Discusión 1</i>	57
4.1.2.	<i>Interpretación 1</i>	63
4.1.3.	<i>Discusión 2</i>	64
4.1.4.	<i>Interpretación 2</i>	65
4.1.5.	<i>Discusión 3</i>	66
4.1.6.	<i>Interpretación 3</i>	67
4.1.7.	<i>Discusión 4</i>	67
4.1.8.	<i>Interpretación 4</i>	69
4.1.9.	<i>Discusión 5</i>	69

4.1.10. Interpretación 5	70
4.1.11. Discusión 6	71
4.1.12. Interpretación 6	74
4.1.13. Discusión 7	75
4.1.14. Interpretación 7	77
4.2. CONCLUSIONES	78
REFERENCIAS	81
ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1.	26
<i>PROPORCIONES QUÍMICAS DEL CEMENTO PORTLAND</i>	26
TABLA 2.	27
<i>CONSTRASTE DE PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE ACEITE LUBRICANTE VIRGEN Y USADO.</i> 27	
TABLA 3.	29
<i>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN S.U.C.S</i>	29
TABLA 4	54
<i>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES.</i>	54
TABLA 5	55
<i>RESUMEN DE LOS RESULTADOS DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LOS MATERIALES.</i>	55
TABLA 6.	56
<i>RESUMEN DE LOS ENSAYOS REASLIZADOS CON DIFERENTES DOSIFICACIONES.</i>	56
TABLA 7.	63

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1. ZONA DE ESTUDIO- CANTERA SAN VICENTE.....	36
FIGURA 2. ZONA DE ESTUDIO- CANTERA SAN VICENTE.....	37
FIGURA 3. INICIO DE OBRA	37
FIGURA 4. TOMA DE MUESTRA – CANTERA SAN VICENTE	40
FIGURA 5. ENSAYO DE CUARTEO	41
FIGURA 6. CLASIFICACIÓN DE SUELO.....	41
FIGURA 7. CLASIFICACIÓN DE SUELO.....	42
FIGURA 8. DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICAR SUELOS DE GRANO FINO (50% O MÁS PASA EL TAMIZ N. ° 200).....	43
FIGURA 9. DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICAR SUELOS ORGÁNICOS DE GRANO FINO (50% O MÁS PASA EL TAMIZ N. ° 200).....	43
FIGURA 10. DIAGRAMA DE FLUJO PARA CLASIFICAR SUELOS DE GRANO GRUESO (50% RETIENE EL TAMIZ N. ° 200).....	44
FIGURA 11. LIMITE DE SONSISTENCIA	44
FIGURA 12. DURABILIDAD EN LOS AGREGADOS	45
FIGURA 13. ABRASIÓN LOS ANGELES	46
FIGURA 14. PROCTOR MODIFICADO	47
FIGURA 14. EJEMPLO DE CURVA DE COMPACTACIÓN EN EL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO.	48
FIGURA 15. ENSAYO CBR	49
FIGURA 16. LECTURAS DE CARGA EXPRESADAS EN MILÍMETROS Y PULGADAS.	50
FIGURA 17. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.	52
FIGURA 18. ANALISIS DE RESULTADOS DE INDICE DE PLASTICIDAD.	57
FIGURA 19. ANALISIS DE RESULTADOS DE GRAVEDAD ESPECIFICA.	58
FIGURA 20. ANALISIS DE RESULTADOS DE RESISTENCIA A LA ABRASION EN LOS AGREGADOS. ..	59
FIGURA 21. ÍNDICE DE DURABILIDAD EN LOS AGREGADOS.....	59

FIGURA 22. ANALISIS DE RESULTADOS DE CONTENIDO DE HUMEDAD.....	60
FIGURA 26. ANALISIS DE MAXIMA DENSIDAD - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 2% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%	64
FIGURA 27. ANALISIS DE OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 2% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%	65
FIGURA 28. ANALISIS DE MÁXIMA DENSIDAD SECA - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 3% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%.....	66
FIGURA 29. ANALISIS DE OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 3% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%	66
FIGURA 30. ANALISIS DE MÁXIMA DENSIDAD SECA - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 4% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%.....	68
FIGURA 31. ANALISIS DE OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 4% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%	68
FIGURA 32. ANALISIS DE MÁXIMA DENSIDAD SECA - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 5% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%.....	70
FIGURA 33. ANALISIS DE OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD - ACEITE DE MOTOR RECICLADO AL 5% - CEMENTO PORTLAND TIPO I AL 2%, 3%, 4% Y 5%	70
FIGURA 34. ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE – 2% ACEITE DE MOTOR.....	71
FIGURA 35. ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE – 3% ACEITE DE MOTOR.....	72
FIGURA 36. ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE – 4% ACEITE DE MOTOR.....	72
FIGURA 37. ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE – 5% ACEITE DE MOTOR.....	73
FIGURA 38. ANALISIS DE RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE.	73
FIGURA 39. ANALISIS DE DURABILIDAD (HUMEDECIMIENTO – SECADO) – AL 2% DE ACEITE DE MOTOR.....	75
FIGURA 40. ANALISIS DE DURABILIDAD (HUMEDECIMIENTO – SECADO) – AL 3% DE ACEITE DE MOTOR.....	76
FIGURA 41. ANALISIS DE DURABILIDAD (HUMEDECIMIENTO – SECADO) – AL 4% DE ACEITE DE MOTOR.....	76
FIGURA 42. ANALISIS DE DURABILIDAD (HUMEDECIMIENTO – SECADO) – AL 5% DE ACEITE DE MOTOR.....	77

FIGURA 43. PROCTOR MODIFICADO AL 2% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	86
FIGURA 44. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 2% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	87
FIGURA 45. PROCTOR MODIFICADO AL 2% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	88
FIGURA 46. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 2% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	89
FIGURA 47. PROCTOR MODIFICADO AL 2% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	90
FIGURA 48. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 2% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	91
FIGURA 49. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO., AL 2% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	92
FIGURA 50. PROCTOR MODIFICADO, AL 2% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	93
FIGURA 51. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 2% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	94
FIGURA 52. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 2% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	95
FIGURA 53. PROCTOR MODIFICADO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	96
FIGURA 54. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	97
FIGURA 55. PROCTOR MODIFICADO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	98
FIGURA 56. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I).	99
FIGURA 57. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	100
FIGURA 58. PROCTOR MODIFICADO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	101
FIGURA 59. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	102
FIGURA 60. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	103
FIGURA 61. PROCTOR MODIFICADO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	104

FIGURA 62. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	105
FIGURA 63. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 3% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	106
FIGURA 64. PROCTOR MODIFICADO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	107
FIGURA 65. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	108
FIGURA 66. PROCTOR MODIFICADO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	109
FIGURA 67. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	110
FIGURA 68. PROCTOR MODIFICADO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	111
FIGURA 69. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	112
FIGURA 70. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	113
FIGURA 71. PROCTOR MODIFICADO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	114
FIGURA 72. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	115
FIGURA 73. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 4% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	116
FIGURA 74. PROCTOR MODIFICADO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	117
FIGURA 75. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 2% (C.P. TIPO I)	118
FIGURA 76. PROCTOR MODIFICADO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	119
FIGURA 77. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 3% (C.P. TIPO I)	120
FIGURA 78. PROCTOR MODIFICADO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	121
FIGURA 79. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO – CEMENTO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 4% (C.P. TIPO I)	122
FIGURA 80. PROCTOR MODIFICADO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I)	123

FIGURA 81. RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I).	124
FIGURA 82. HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLA DE SUELO Y CEMENTO, AL 5% (A.M.R.) MÁS 5% (C.P. TIPO I).	125
FIGURA 83. MEMORIA DESCRIPTIVA	126
FUENTES: “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL HV-100 (ACRAQUIA) - VILLA LIBERTAD -TÚPAC AMARU - ESPERANZA - FLORIDA - LANZA (EMP. PE-3S)”	126
FIGURA 84. TOMA DE MUESTRA SEGÚN LA GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS (MTC E 101) – CANTERA SAN VICENTE	128
FIGURA 85. TOMA DE MUESTRA SEGÚN LA GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS (MTC E 101) – CANTERA SAN VICENTE.	128
FIGURA 86. ACEITE DE MOTOR RECICLADO	129
FIGURA 87. CEMENTO PORTLAND TIPO I	129
FIGURA 88. MEZCLA DE ACEITE DE MOTOR RECICLADO, CEMENTO PORTLAND TIPO I Y MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA SAN VICENTE	130
FIGURA 89. MEZCLA DE CEMENTO PORTLAND TIPO I Y MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA SAN VICENTE	130
FIGURA 90. MEZCLA DE ACEITE DE MOTOR RECICLADO, CEMENTO PORTLAND TIPO I Y MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA SAN VICENTE	131
FIGURA 91. EXTRACCIÓN DE PROBETA	131
FIGURA 92. PROBETAS DE SUELO CON LAS DOSIFICACIONES PARA EL DISEÑO	132
FIGURA 93. PROBETAS DE SUELO CON LAS DOSIFICACIONES PARA EL DISEÑO	132
FIGURA 94. CURADO DE PROBETAS DE SUELO CON LAS DOSIFICACIONES PARA DISEÑO.	133
FIGURA 95. CURADO DE PROBETAS DE SUELO CON LAS DOSIFICACIONES PARA DISEÑO.	133
FIGURA 96. RESISTENCIA A LA COMPRESION PROBETAS DE SUELO CON LAS DOSIFICACIONES PARA DISEÑO	134
FIGURA 97. RESISTENCIA A LA COMPRESION PROBETAS DE SUELO CON LAS DOSIFICACIONES PARA DISEÑO	134

RESUMEN

En la presente investigación tiene por objetivo principal, en determinar el análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) respectivamente optimizando costo y mejorando la vida útil de la rasante para el Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica 2023.

La metodología empleada es de tipo descriptiva – comparativa; así mismo el diseño de investigación es experimental dado que vamos a manipular las variables independientes con el fin de afectar a la variable dependiente. Empleamos el cuadro de Operacionalización de variables, obteniendo como variable dependiente “Mejoramiento de material granular para rasante” y como variables independientes “Aplicación de aceite de motor reciclado al 2%, 3%, 4% y 5%” y “Aplicación del Cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.” las mismas que determinaran las características de la estructura y composición del producto final.

Las muestras de la cantera a analizar y comparar son de 16 muestras, 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 2% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 3% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 4% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% y 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 5% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. Para escoger el porcentaje añadido más óptimo para la rasante, es necesario analizar y comparar los resultados obtenidos de los ensayos realizados (Máxima Densidad Seca- Óptimo Contenido de Humedad, Humedecimiento y Secado, Resistencia a la Compresión Simple).

PALABRAS CLAVES: Maxima Densidad Seca- Optimo Contenido de Humedad,
Humedecimiento y Secado, Resistencia a la Compresión Simple, Aceite de Motor Reciclado,
Cemento Portland Tipo I.

CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Para el sector de la construcción se tiene en cuenta cualquier tipo de cemento de acuerdo con las condiciones que requiere cada proyecto, este componente es de lo más requerido a nivel mundial por su gran acople y facilidad de manejar. Se han visto diferentes manipulaciones o componentes para mejorar la estabilidad o resistencia de este producto y facilitar el proceso de la ejecución. Respecto al uso generado por el sector de la construcción es uno de la más útiles para ser reutilizado con la finalidad de eliminar el impacto ambiental, pero referente al aceite de motor reciclado es un combustible contaminante, que así mismo se puede proponer diversas estrategias. Por ello la calidad del suelo para cualquier proyecto es importante, ya que es un químico que puede ayudar al mejoramiento de suelo y aumentar sus propiedades.

La estabilidad de los suelos es un aspecto crucial en el diseño y construcción de carreteras, ya que afecta directamente la seguridad y durabilidad de las vías de transporte terrestre. Una carretera bien construida y conservada es capaz de soportar las cargas del tráfico, resistir los efectos del clima y conservar su integridad estructural a lo largo del tiempo. Para lograr esto, es fundamental comprender y gestionar la estabilidad de los suelos sobre los cuales se construyen las carreteras.

La estabilidad de los suelos en carreteras se refiere a la capacidad del terreno subyacente para mantener su resistencia y cohesión bajo las cargas aplicadas por el tráfico y las condiciones climáticas. Los suelos pueden ser extremadamente variables en cuanto a su composición, densidad, humedad y otros factores, lo que influye en su comportamiento y capacidad de resistencia.

Cuando el suelo no es lo suficientemente estable, pueden surgir problemas como asentamientos, deformaciones, grietas y fallas, lo que compromete la funcionalidad y seguridad de la carretera. Por lo tanto, es esencial llevar a cabo estudios geotécnicos exhaustivos para evaluar las características del suelo y determinar las medidas necesarias para mejorar su estabilidad.

Estas medidas pueden incluir técnicas de mejoramiento del suelo, como compactación, estabilización química, refuerzo geotécnico o drenaje adecuado. Además, es fundamental considerar aspectos como la planificación de la vía, la selección de materiales de construcción y la implementación de técnicas de drenaje adecuadas para evitar problemas futuros.

Sabemos que los suelos son materiales naturales con propiedades variables, lo que dificulta la predicción de su comportamiento y capacidad de soporte. La identificación y comprensión de las características del suelo, como su composición, densidad, cohesión, permeabilidad y capacidad de carga, es fundamental para evaluar su estabilidad. (Carlos et al, 2018)

Las carreteras están sujetas a cargas dinámicas y estáticas generadas por el tráfico de vehículos, incluyendo vehículos pesados y de carga. Estas cargas pueden provocar asentamientos, deformaciones y fallas en el suelo si no se tienen en cuenta adecuadamente durante el diseño y construcción de la carretera, las condiciones climáticas, como la lluvia, la humedad y la congelación, pueden afectar significativamente la estabilidad de los suelos.

Convenientemente en la localidad del camino vecinal Acraquia HV-100 existe una vía de difícil tránsito vehicular por la presencia de material arcilloso en la rasante, provocando que en épocas de lluvia el tránsito sea interrumpido por el deterioro prematuro

(ahuellamiento, hundimiento, agrietamiento, etc). En épocas de verano genera contaminación de partículas en suspensión (polución) perjudicando a la población aledaña. Esto es de nuestro interés para mejorar las propiedades mecánicas y físicas, estabilizando con aceite de motor reciclado más Cemento Portland Tipo I un nuevo pavimento a nivel de rasante que pueda contrarrestar la problemática que se presente en diversos sectores de la localidad.

Se identificó un tramo representativo para realizar un Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado y cemento portland tipo I para su aplicación como material granular a nivel de rasante para la trocha carrozable camino vecinal Acraquia HV-100 en el km. 3+500 al km. 4+500.

Las muestras a analizar son de 16 muestra, 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 2% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 3% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 4% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% y 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 5% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. Para determinar el porcentaje óptimo es necesario analizar los resultados obtenidos de los ensayos de compresión simple, posteriormente con los datos obtenidos se procede a comparar con los resultados del diseño indicados en el Expediente Técnico.

1.1.1. Antecedentes de la Investigación

1.1.1.1. Antecedentes Internacionales

En el trabajo de Del Castillo y Orobio (2020) que lleva por nombre: “Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante”; busco alternativas para la estabilidad de suelos con desechos

mediante la evaluación de las propiedades geotécnicas de un suelo fino de subrasante mezclado con Aceite de Motor Usado. Los ensayos fueron de límites de Atterberg, compresión inconfina, coeficiente de permeabilidad y la relación que hay entre la densidad y humedad de un suelo MH. Los resultados denotaron que los límites líquidos y plásticos disminuyen con el incremento del aceite usado, mientras que la densidad seca máxima se incrementa un poco, el contenido óptimo de humedad disminuye considerablemente.

En el trabajo de Moncayo (2018) titulado: “Estudio del efecto del aceite de motor usado, en la resistencia a corte y CBR de los suelos finos (MH) en la ciudad de Cali”; se buscó analizar en profundidad cómo las viviendas afectan la resistencia mecánica de un suelo promedio y, además, examinar cómo varía su comportamiento cuando se le somete a diferentes cantidades de aceite de motor usado (AMU). Para llevar a cabo el proyecto, se adquirió un suelo con características típicas de subsuelo regular subrasante en la ciudad de Cali, utilizando el "Sistema Unificado de Clasificación de Suelos" (USCS) y se realizaron pruebas como la curva granulométrica y la evaluación del índice de plasticidad del suelo. A través de la comprobación del CBR (California Bearing Ratio), se obtuvo indirectamente el módulo de resiliencia y la permeabilidad del suelo. Si bien no se obtuvieron resultados directamente proporcionales en términos de CBR y pruebas de cizallamiento directo debido al contacto con el peso seco del suelo, se observó que el comportamiento mecánico del suelo se ajustaba. En cuanto a la permeabilidad, no se observó una gran variación significativa.

Respecto a la tesis de Martínez (2021) titulada “Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente”, tiene

como objetivo determinar las propiedades mecánicas que se consideran en una mezcla asfáltica, tal como la variación de espesor y la adición de aceite usado; la investigación al ser experimental el autor inició en su metodología con la realización de muestreos y análisis del transporte agregado, seguido de las propiedades físicas, mecánicas y material utilizado; los procedimientos realizados los basó en la normativas (ASTM D 1559, AASHTO T 245 y AASHTO T 225), ya que requirió realizar briquetas que satisficieron los parámetros de estabilidad y valores de flujo resultantes en valores elevados con el incremento de aceite de motor usado.

Balao et al. (2019) en su investigación titulada: “Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso”; se centran en investigar las propiedades físicas y mecánicas de un hormigón al agregar ARA (aditivo reductor de agua) en diferentes proporciones, que van desde el 0,10% al 0,80% del peso del cemento. Los objetivos trazados por los autores incluyen medir el asentamiento de las mezclas frescas y las resistencias del hormigón endurecido para distintas dosificaciones de ARA. Iniciaron utilizando una curva de regresión polinómica basada en las resistencias a los 28 días para determinar la dosis óptima de ARA. Para evaluar el hormigón fresco, se llevan a cabo pruebas de contenido de aire y tiempo de fraguado, mientras que para el hormigón endurecido se realizan pruebas de resistencia a la compresión, tracción, velocidad de pulso ultrasónico, absorción y adherencia entre el hormigón y las barras con resaltes. Los resultados indicaron que las dosificaciones de ARA entre 0,10% y 0,30% mejoran la resistencia a la compresión del hormigón, siendo la dosis óptima de 0,14%.

1.1.1.2. Antecedentes Nacionales

Según Villanueva (2022) en su investigación que lleva por nombre: “La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos-Chirinos, Cajamarca, 2021”; es primordial que el aceite tenga una disposición final adecuada, ya que en su mayoría son vertidos de manera incontrolada a los suelos o aguas. Su principal objetivo fue la determinación de la manera adecuada para adicionar aceite residual automotriz en la estabilización para mejorar las características que hay en el suelo. Se tomaron varias muestras, la característica inicial del suelo es que es de tipo arcillosa, para posteriormente mezclarla con el suelo con varias dosis del aceite residual determinando sus principales características, densidad seca máxima, los límites de consistencia, resistencia a la penetración y el óptimo contenido de humedad. Los resultados indican que añadiendo 4% y 6 % del aceite residual producto de la actividad automotriz presentan efectos favorables respecto a las características iniciales que el suelo posee.

Según Jalañoca (2021) en su investigación: “Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021”; tiene como objetivo determinar el impacto del aceite residual en las propiedades de la subrasante, siendo la hipótesis general planteada en base a la influencia del aceite residual en dichas propiedades. Para evaluar las propiedades de la subrasante, los autores realizaron diferentes ensayos de laboratorio, como límites de Atterberg, granulometría, proctor modificado y CBR. La metodología utilizada fue de carácter experimental y cuasiexperimental, con un enfoque explicativo y un enfoque cuantitativo. Los resultados indican una relación inversa significativa entre el contenido de aceite y los factores mecánicos del suelo; esto significa que a medida que

umenta el contenido de aceite residual, se reducen las características mecánicas del suelo; concluyendo que el rango adecuado de utilización del aceite residual para estabilizar subrasantes está entre el 1.5% y el 3.5%.

Según Tuscano (2017), en su investigación: En este estudio titulado: "Estabilización de la subrasante mediante el uso de aceite reciclado en la calle, circuito transversal Paz de Paz - el Tambo-Huancayo 2017", tuvo como objetivo analizar cómo la adición de aceite residual automotriz mejora las características del suelo en el proceso de estabilización. La investigación utilizó un enfoque cuantitativo, aplicativo y explicativo, y se empleó un diseño cuasiexperimental. La metodología empleada inició recolectando muestras de suelo con características arcillosas, y posteriormente se mezclaron con diferentes dosificaciones de aceite residual automotriz, posterior se evaluaron diversas características del suelo, como los límites de consistencia, la densidad máxima seca, el contenido de humedad óptimo y la resistencia a la penetración. Los resultados indicaron que la adición de un 4% y un 6% de aceite residual automotriz tuvo los efectos más favorables en la mejora de las características del suelo.

1.2. Bases Teóricas

1.2.1. Metodos de Estabilizacion de Suelo

Se considera estable a todo suelo que tiene la resistencia necesaria para no sufrir deformaciones importantes o un desgaste excesivo como consecuencia de las diferentes condiciones ambientales que se puedan dar, debiendo además mantener estas características a lo largo del tiempo. El terreno natural puede tener composiciones granulométricas, así como plasticidad y el grado de humedad óptimos para proporcionar cualidades mecánicas que permitan su uso como base para un camino o carretera, incluso cuando está recién

compactado. Sin embargo, si no se logra un equilibrio adecuado entre la fricción y la adhesión de las partículas, no se logrará la estabilidad requerida. En consecuencia, en general, la certeza del suelo es un procedimiento que permite mejorar la calidad natural del suelo para adquirir cualidades físicas, químicas y mecánicas estables en relación con las circunstancias ambientales del servicio. Estos procesos de transformación pueden cambiar una o más cualidades del suelo, como controlar la expansión, aumentar la resistencia, disminuir la flexibilidad, disminuir la permeabilidad y prevenir la erosión, entre otros. (Rivera et al., 2020)

Según Rivera et al, (2020) es posible, por ejemplo, fortalecer la resistencia de los pisos y transformarlos en materiales de construcción ideales capaces de soportar los impactos del tráfico y el medio ambiente con buena durabilidad. Hay cuatro tipos de métodos de determinación del suelo: mecánico, físico, químico y biológico. Se denomina estabilización mecánica al proceso de compactación estática o dinámica del suelo para mejorar la densidad, la resistencia mecánica y reducir la porosidad y la permeabilidad.

1.2.2. Establización Química de Suelos – Métodos Tradicionales

La química se puede utilizar para mejorar las cualidades geotécnicas de todo tipo de suelos modificando las propiedades fisicoquímicas originales del suelo nativo con el fin de aliviar algunos problemas como la inestabilidad volumétrica o mejorar algunas de sus características como la resistencia y la durabilidad. Este nivel de certeza incluye el uso de una diversa gama de materiales, siendo los más comunes el cemento y la cal; Sin embargo, otros productos como sales como por ejemplo el cloruro de sodio y de calcio, así como residuos o subproductos industriales considerando las escorias, también han sido considerados en la determinación de terrenos para la construcción de vías. Además, la combinación de varias materias primas adecuadamente seleccionadas podría dar paso a la

suma de sus cualidades, ofreciendo el comportamiento óptimo frente a la estabilización del terreno. Cabe recalcar que el tipo y proporción de estabilizador utilizado está determinado principalmente por el tipo de terreno o clasificación y, en segundo lugar, por la mejora esperada para la situación específica. (Rivera et al., 2020)

Según Rivera et al. (2020) el costo y las circunstancias ambientales son otras consideraciones importantes. Por lo tanto, cuando solo se modifican partes de sus características, como la trabajabilidad, la plasticidad o la dispersión de partículas, se pueden requerir cantidades modestas del aditivo; sin embargo, cuando interactúa con propiedades como la resistencia y la durabilidad para prolongar la vida útil, la cantidad del aditivo puede ser mayor. Aunque puede haber más de un estabilizador aceptable para un tipo particular de terreno, existen ciertas reglas para elegir el estabilizador específico, que se basan en la granulometría, plasticidad y textura del suelo.

1.2.3. Estabilización con Cemento Portland

Los cementos de clinker Portland son ahora los más utilizados en el mundo, con una ventaja significativa sobre los aglutinantes alternativos en la industria de la construcción. (Betancourt, 2017)

Según Betancourt (2017) Las siguientes son las razones por las que se ha exigido el uso de cementos a base de Portland en todo el mundo:

- En primer lugar, la eficacia del cemento Portland es sustancialmente superior a la de otros aglutinantes que han surgido anteriormente, en función de los valores de resistencia determinados en función de las temperaturas necesarias para su creación.

- En segundo lugar, las principales materias primas necesarias para la producción de cemento Portland como piedra caliza y arcilla, son numerosas y están muy extendidas sobre la superficie terrestre.
- En tercer lugar, como material resistente a la intemperie, la humedad y otras condiciones, el comportamiento duradero de los materiales aglomerados formados a partir del cemento Portland está ampliamente establecido en la práctica.

1.2.3.1. Composición Química del Cemento Portland

Tabla 1.
Proporciones químicas del cemento Portland

Compuesto	Proporción
Fe ₂ O ₃	1-6%
Al ₂ O ₃	3-9%
SiO ₂	18-24%
CaO	60-68%

Nota: Extraída de Betancourt (2017).

Además, los siguientes óxidos se encuentran en menor cantidad: “MgO (0 - 0,5%); álcalis Na₂O + K₂O (0,5 - 5,0%); SO₃ (1 - 3%), y otros como Cr₂O₃, P₂O₅, TiO₂ y otros. Como puede verse, los ingredientes químicos clave que componen el cemento Portland son, en ese orden de abundancia, oxígeno, calcio, silicio, aluminio y hierro”. (Betancourt, 2017)

1.2.3.2. Características y Propiedades del Aceite

Según Tuscano (2017) el aceite presenta las siguientes características y propiedades:

1.2.3.2.1 Densidad

Se refiere al peso exacto, es una característica dependiente de la temperatura. Adicionalmente puede variar la densidad del aceite lubricante según factores considerando por ejemplo la temperatura, pero a menudo se considera constante. (Tuscano, 2017)

1.2.3.2.2 Viscosidad

Es el cociente del esfuerzo cortante y el gradiente de velocidad. Es la resistencia que persiste cada una de las moléculas de un fluido cuando se deslizan unas sobre otras y se ve afectada por la presión y la temperatura (Tuscano, 2017).

Tabla 2.
Constraste de propiedades físicas y químicas de aceite lubricante virgen y usado.

Propiedades físicas	Aceite lubricante virgen	Aceite lubricante usado
Gravedad específica	0.822	0.910
Viscosidad Dinámica a 100°F, SSU	-	324.0
Sedimentos de Fondo y Agua (BS&W)	0	12.3
% v/v Residuo de carbono	0.82	3.0
% w/w Contenido de cenizas	0.94	1.3
% w/w Temperatura de inflamabilidad, °F	-	348.0
°F Temperatura de fluidez. °F	-35.0	-35.0
Propiedades químicas	Aceite lubricante virgen	Aceite lubricante usado
Número de saponificación	3.94	12.7
Número total ácido	2.220	4.40
Número total básico	4.70	1.70
Nitrógeno % w/w	0.05	0.08
Azufre, % w/w	0.32	0.42
Plomo, ppm	0	7535
Calcio, ppm	1210	4464
Cinc, ppm	1664	1097
Fosforo, ppm	1397	931
Magnesio, ppm	675	309
Bario, ppm	37	297
Hierro, ppm	3	205
Sodio, ppm	4	118
Potasio, ppm	<1	31
Cobre, ppm	0	29

Nota: Extraída y adaptada de Tuscano (2017).

1.2.3.3. Aceite de Motor Usado (AMU) y Mezcla con el Suelo

Al analizar el efecto geotécnico de un AMU en un terreno fino característico de los sustratos, 15 litros de este aceite usado en promedio fueron recolectados en un centro de servicios donde finalmente retiran estos residuos de la industria automotriz. La gravedad específica del aceite utilizado se extenderá usando el estándar ASTM D1298 para cálculos de prueba adicionales (Del Castillo y Orobio, 2020)

Para evaluar la modificación de las características del suelo en presencia de AMU, se realizaron pruebas de límites de consistencia, compactación modificada, resistencia a la compresión no confinada, y por último el coeficiente de permeabilidad del suelo natural y el mismo con dosis del 4%, 8%, 12% y 16% de aceite dependiendo del peso seco del suelo. Para las mezclas, el terreno se secó en estufa a 105°C para todas las pruebas, se tamizó por malla de acuerdo a la prueba a realizar, siempre siguiendo las normas del Instituto Nacional de Caminos, y el aceite se dosificó y mezcló hasta lograr una combinación semejante de Suelo-AMU (Del Castillo y Orobio, 2020).

1.2.3.4. Clasificación de Suelos Según S.U.C.S.

La norma ASTM D-2487 rige el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos denominada SUCS, que es el más utilizado en la práctica geotécnica. Arthur Casagrande lo introdujo en 1932, el Departamento de Ingeniería de los EE. UU. lo respaldó inicialmente en 1942 y la Sociedad Estadounidense de Ingenieros Civiles finalmente lo aceptó en 1948. El Cuerpo de Ingenieros del Ejército de los Estados Unidos lo utilizó por primera vez en 1953, seguido por la Oficina de los Estados Unidos. de Recuperación en 1974. Se basa en el estudio granulométrico y límites de Atterberg del suelo. (Boiero, 2020)

Según Nuñez y Patin (2018) la clasificación de los suelos según S.U.C.S se da de la siguiente manera:

Tabla 3.
Clasificación de suelos según S.U.C.S

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (S.U.C.S.) INCLUYENDO IDENTIFICACIÓN Y DESCRIPCIÓN						
DIVISIÓN MAYOR		SÍMBOLO	NOMBRES TÍPICOS	CRITERIO DE CLASIFICACIÓN EN EL LABORATORIO		
SUELOS DE PARTÍCULAS GRUESAS Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Más de la mitad del material es retenido en la malla número 200 @ Las partículas de 0.074 mm de diámetro (la malla No.200) son, aproximadamente, las más pequeñas visibles a simple vista.	GRAVAS Más de la mitad de la fracción gruesa es retenida por la malla No. 4	GW	Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos	COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD C_u : mayor de 4 COEFICIENTE DE CURVATURA C_c : entre 1 y 3 $C_u = D_{60} / D_{10}$ $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10}(D_{60}))$		
		GP	Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena con poco o nada de finos		NO SATISFACEN TODOS LOS REQUISITOS DE GRADUACIÓN PARA GW.	
		* GM u	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		GC	Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
	ARENAS Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por la malla No. 4 PARA CLASIFICACIÓN VISUAL, PUEDE USARSE 1/8" EM. COMO EQUIVALENTE A LA ABERTURA DE LA MALLA No. 4	ARENAS LIMPÍAS Poco o nada de partículas finas	SW	Arenas bien graduadas, arena con grava, con poca o nada de finos.	$C_u = D_{60} / D_{10}$ mayor de 6 ; $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10}(D_{60}))$ entre 1 y 3.	
			SP	Arenas mal graduadas, arena con grava, con poca o nada de finos.		No satisfacen todos los requisitos de graduación para SW.
		* SM u	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.	LÍMITES DE ATTERBERG ABAJO DE LA "LÍNEA A" O I.P. MENOR QUE 4.	Arriba de la "línea A" y con I.P. entre 4 y 7 son casos de frontera que requieren el uso de símbolos dobles.	
		SC	Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla.	LÍMITES DE ATTERBERG ARRIBA DE LA "LÍNEA A" CON I.P. MAYOR QUE 7.		
		ARENAS CON FINOS Cantidad apreciable de partículas finas	LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido menor de 50	ML	Limos inorgánicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos levemente plásticos.	G - Grava, S - Arena, O - Suelo Orgánico, P - Turba, M - Limo C - Arcilla, W - Bien Graduada, P - Mal Graduada, L - Baja Compresibilidad, H - Alta Compresibilidad CARTA DE PLASTICIDAD (S.U.C.S.)
				CL	Arcillas inorgánicas de tipo o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.	
LIMOS Y ARCILLAS Límite Líquido Mayor de 50	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad				
	MH	Limos inorgánicos, limos micáceos o diatomáceos, más elásticos.				
SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS	CH	Arcillas inorgánicas de alta plasticidad, arcillas francas.				
	OH	Arcillas orgánicas de media o alta plasticidad, limos orgánicos de media plasticidad.				
P	Turbas y otros suelos altamente orgánicos.					

** CLASIFICACIÓN DE FRONTERA- LOS SUELOS QUE POSEAN LAS CARACTERÍSTICAS DE DOS GRUPOS SE DESIGNAN CON LA COMBINACIÓN DE LOS DOS SÍMBOLOS. POR EJEMPLO GW-GC, MEZCLA DE ARENA Y GRAVA BIEN GRADUADAS CON CEMENTANTE ARCILLOSO.
 @ TODOS LOS TAMAÑOS DE LAS MALLAS EN ESTA CARTA SON LOS U.S. STANDARD.
 * LA DIVISIÓN DE LOS GRUPOS GM Y SM EN SUBDIVISIONES d Y u SON PARA CAMINOS Y AEROPUERTOS ÚNICAMENTE. LA SUB-DIVISIÓN ESTA BASADA EN LOS LÍMITES DE ATTERBERG EL SUFJO d SE USA CUANDO EL L.L. ES DE 28 O MENOS Y EL I.P. ES DE 6 O MENOS. EL SUFJO u ES USADO CUANDO EL L.L. ES MAYOR QUE 28.

Nota: Extraída de Nuñez y Patin (2018) Nota: Extraída de Nuñez y Patin (2018)

1.2.4. Justificación del Problema

La investigación sobre la estabilidad de suelos en carreteras es fundamental debido a su impacto directo en la seguridad, durabilidad y eficiencia de la infraestructura vial. La estabilidad de los suelos es crucial para garantizar la seguridad de los usuarios de las carreteras. Un suelo inestable puede provocar fallas estructurales, asentamientos diferenciales, deformaciones y grietas, lo que aumenta el riesgo de accidentes de tránsito. Investigar y comprender los factores que afectan la estabilidad del suelo permitirá implementar medidas preventivas y correctivas para minimizar los riesgos asociados a la infraestructura vial. Los problemas de estabilidad del suelo pueden comprometer la durabilidad y vida útil de las carreteras. La presencia de asentamientos y deformaciones puede causar daños en el pavimento, reducir la capacidad de carga de la vía y generar costos adicionales de mantenimiento y reparación. Investigar las causas de los problemas de estabilidad del suelo y desarrollar soluciones efectivas contribuirá a prolongar la vida útil de las carreteras y optimizar la inversión en infraestructura vial.

Justificación teórica es empelada debido al mejoramiento que se obtiene mediante los componentes el cual se propone aumentar las capacidades del cemento mediante la aplicación del aceite de motor reciclado, este material sintético está siendo una materia de análisis por sus diferentes características el cual podría ser un aditivo.

Respecto a la justificación social se da mediante una propuesta o alternativa de solución para mejorar componentes de la mezcla suelo - cemento que será modificada por los porcentajes y obteniendo una variación de resultados.

Respecto al marco metodológico se enfoca en los resultados que son obtenidos mediante la investigación que permitirá presentar antecedentes futuros y convirtiendo en una

guía para los diversos procedimientos que se obtendrán mediante los resultados y teniendo como finalidad la evaluación de las propiedades.

1.3. Formulación del problema

1.3.1. Problema General

¿De qué manera se puede mejorar las propiedades mecánicas de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado más cemento portland tipo I optimizando costo y mejorando la vida útil de la rasante para el Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica?

1.3.2. Problemas Especificos

1.3.2.1. Problema Especifico 1.

¿De qué manera se puede mejorar la Máxima Densidad Seca – Optimo Contenido de Humedad de la cantera San Vicente para el proyecto Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica?

1.3.2.2. Problema Especifico 2.

¿De qué manera se puede mejorar Humedecimiento y Secado de la cantera San Vicente para el proyecto Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica?

1.3.2.3. Problema Especifico 3.

¿De qué manera se puede mejorar la Resistencia a la Compresión Simple de la cantera San Vicente para el proyecto Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica?

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General

Determinar el análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) respectivamente optimizando costo y mejorando la vida útil de la rasante para el Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica.

1.4.2. Objetivos Especificos

1.4.2.1. Objetivo Especifico 1.

Realizar el análisis comparativo de la Maxima Densidad Seca – Optimo contenido de Humedad de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) para el proyecto Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica.

1.4.2.2. Objetivo Especifico 2.

Realizar el análisis comparativo de Humedecimiento y secado de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) para el proyecto Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica.

1.4.2.3. Objetivo Especifico 3.

Realizar el análisis comparativo de la Resistencia a la Compresión Simple de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%,

4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) para el proyecto Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad -Huancavelica.

1.5. Hipótesis

1.5.1. Hipótesis General

El análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) respectivamente permitió optimizar costo y mejorando la vida útil de la rasante para el Camino Vecinal Acraquia HV-100 – Villa Libertad - Huancavelica.

1.5.2. Hipótesis Específicas

1.5.2.1. Hipótesis Específica 1.

La Relación de Máxima Densidad Seca – Optimo Contenido de humedad de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) es más eficiente que el diseño propuesto en el expediente técnico.

1.5.2.2. Hipótesis Específica 2.

La Relación Humedecimiento y Secado de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) es más eficiente que el diseño propuesto en el expediente técnico.

1.5.2.3. Hipótesis Específica 3.

Realizar el análisis comparativo de la Resistencia a la Compresión Simple de la cantera San Vicente y estabilizado con aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más cemento portland tipo I (2%, 3%, 4% y 5%) es más eficiente que el diseño propuesto en el expediente técnico.

CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

2.1. Tipo de Investigación

La investigación es aplicada debido a los aportes de que se realizara al estudio y no al desarrollo de las teorías, se resuelve los conflictos técnicos para dar paso al mejoramiento con los medios tecnológicos teniendo como finalidad dar diversas alternativas de solución al presente problema que se tiene de suelo y ver como mejora el aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más el cemento Portland tipo I al (2%, 3%, 4% y 5%) en sus composiciones químicas.

2.2. Diseño de Investigación

El diseño es experimental, ya que trata de mejorar el proceso de suelo, permitiendo realizar pruebas donde se subdivide en diferentes grupos para manipular de manera intensional las variables independientes con la finalidad de saber su comportamiento de acuerdo a los componentes de aceite de motor reciclado al (2%, 3%, 4% y 5%) más el cemento Portland tipo I al (2%, 3%, 4% y 5%), para que se pueda analizar las consecuencias sobre la variable dependiente “Mejoramiento de Material Granular” (Relación Humedad – Densidad y Resistencia a la Compresión simple).

2.3. Variables

2.3.1. Variable dependiente

Mejoramiento de material granular para rasante.

2.3.2. Variable independiente

Aplicación de aceite de motor reciclado al 2%, 3%, 4% y 5%.

Aplicación del Cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

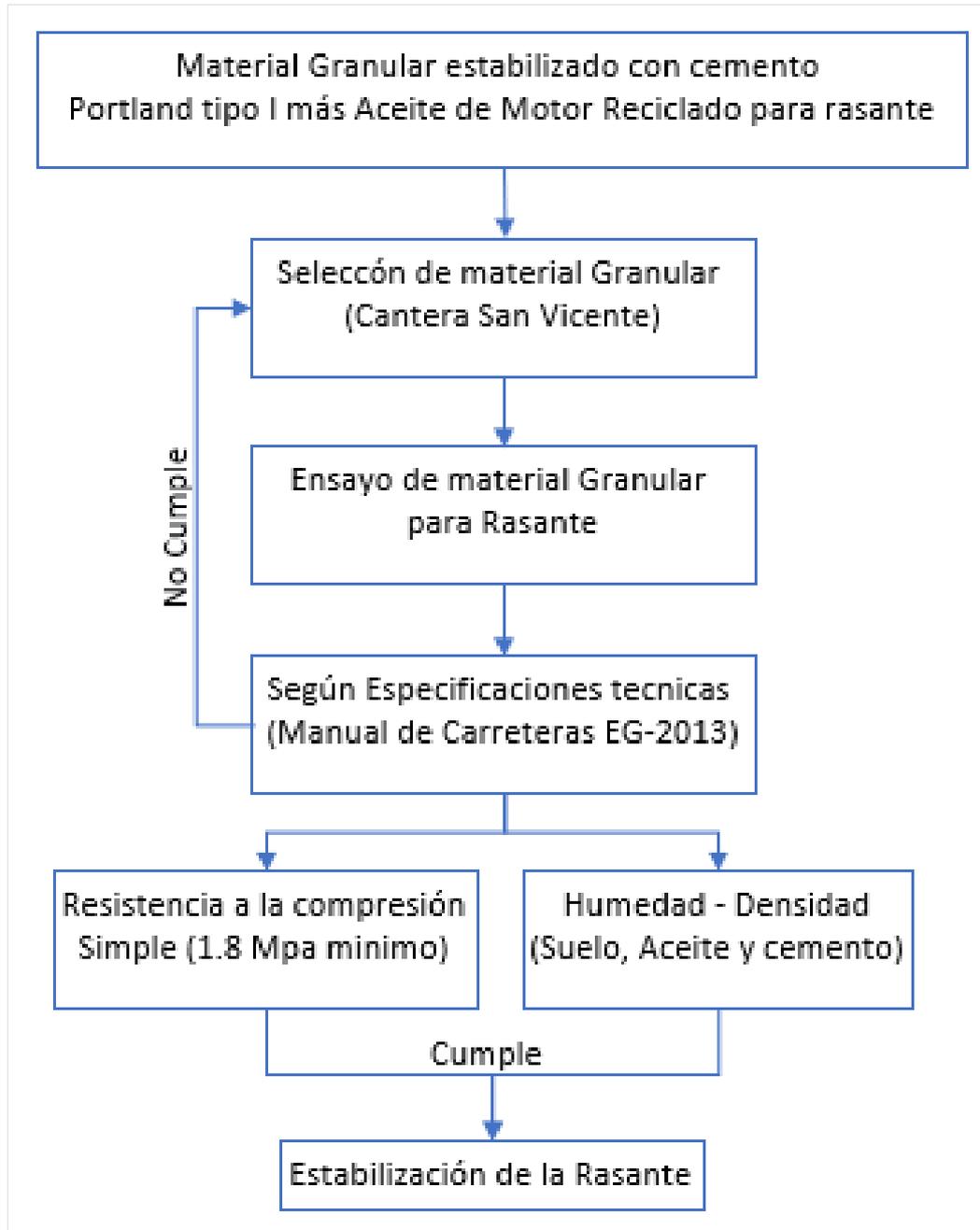


Figura 1. Zona de estudio- Cantera San Vicente

2.4. Población y Muestra

2.4.2. Población

Respecto a la población es un grupo conformado por individuos y objetivos que poseen características donde se realiza la investigación. Para la presente investigación se eligió la zona de estudio la cantera San Vicente para posterior extracción de los

materiales. Tendremos 17 especímenes en total, 1 muestra patrón y 16 del grupo experimental.

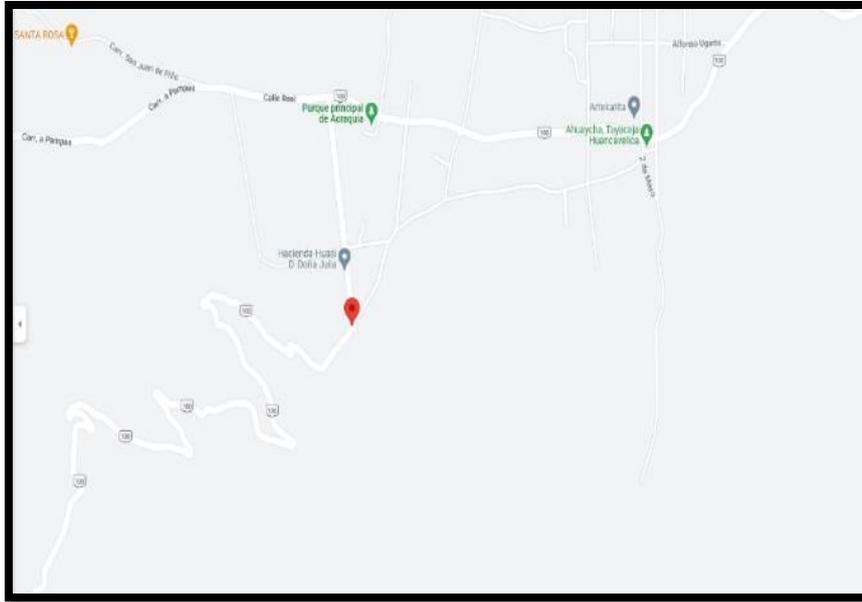


Figura 1. Zona de estudio- Cantera San Vicente

Nota: Elaboración propia.

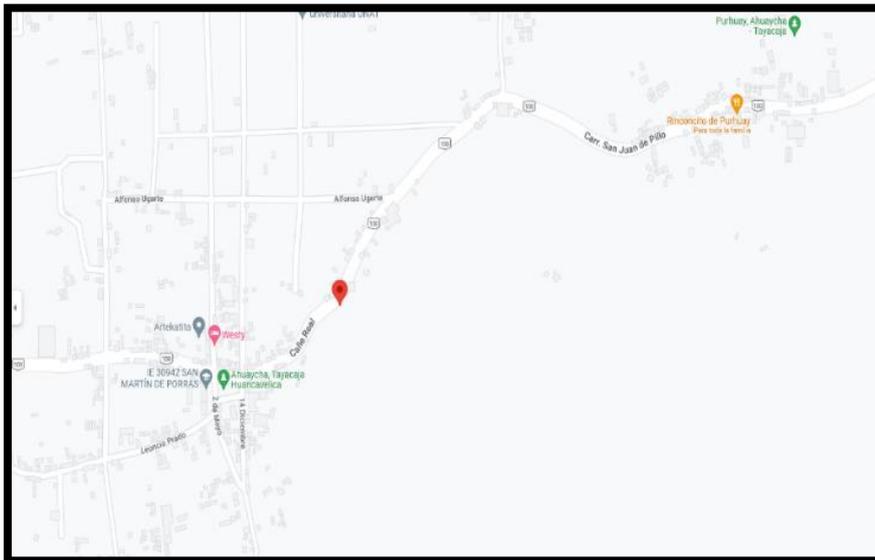


Figura 3. Inicio de Obra

Nota: Elaboración propia.

2.4.2. Muestra

La muestra es un esencia o subgrupo de la población que permite identificar las características de esta.

Muestreo: Según Martínez Bencardino,C., (2012), Hay dos metodologías para elegir muestras de población: el muestreo probabilístico y el muestreo no probabilístico o de juicio.”

En la presente investigación, la clase de muestreo es no probabilístico de tipo intencional, ya que seleccionamos la cantera San Vicente para extracción de muestras por presentar mayor dosificación de cemento. Asimismo, se conectó la percepción directa de las realidades observadas en campo, permitiéndonos recopilar datos exactos y específicos sobre las unidades de investigación.

2.5. Instrumentos y Técnicas de Recolección de Datos

Procedimiento de actividades que se pueden obtener los resultados de acuerdo con la información que se requiere para responder las preguntas formuladas. De igual manera el análisis de documento que se tendrá en cuenta mediante la adquisición de libros, tesis o revistas con el fin de la investigación.

La presente investigación se utilizará técnicas de observación al ensayo que se realizara con la finalidad de obtener los datos deseados y los diversos procedimientos que se realizan mediante la normativa presente.

2.5.1. Instrumentos de Recolección de Datos

Este instrumento se enfoca el obtener documentos validados y confiables de acuerdo con los procesos que se requieran mediante las diversas categorías.

Los datos que se obtendrán en los laboratorios son formatos que son necesarios para la verificación de los resultados, con ello la ficha técnica de recolección es esencial para evaluar los procesos.

El cronograma, se utilizará para verificar los avances de las muestras en cuanto a identificación y medición de los tiempos requeridos para las diferentes actividades.

2.5.1. Técnicas de Recolección de Datos

Observación directa

Análisis y comparación de porcentual de los materiales

Diseño de las mezclas

Ensayos de laboratorio:

Granulometría

Limite Líquido

Limite Plástico

Durabilidad de los agregados

Proctor Modificado

Resistencia a la Compresión Simple

2.6. Procedimiento

Se obtendrán las muestras de acuerdo con la ubicación del proyecto y mediante ello se considerará la aplicación del aceite de motor reciclado más cemento portland tipo I considerando los porcentajes a evaluar del 2%, 3%, 4% y 5% con el fin de ver la capacidad de mejoramiento el cual se deberá obtener mediante el ensayo de laboratorio.

➤ **Muestreo y Ensayos de Laboratorio**

✓ **Muestreo**



Figura 4. Toma de muestra – Cantera San Vicente

Nota: Elaboración propia.

Para realizar el muestreo en campo se determino los puntos de ubicación de las trincheras que se realizaron en la cantera San Vicente km. 4+200, las muestras fueron recolectadas de acuerdo al procedimiento establecido en la norma técnica Guía para muestreo de suelos y rocas (MTC E 101), el cual se obtuvieron 3 muestras representativas que posteriormente fueron combinadas en el laboratorio de suelos para su caracterización.

✓ **Ensayo de Cuarteo**



Figura 5. Ensayo de Cuarteo

Nota: Elaboración propia.

Este ensayo describe el procedimiento de obtención de muestras reducidas a proporciones representativas, hemos separado las muestras para cada ensayo a realizar según los requisitos de ensayos que se requiere para evaluar un material de suelo – cemento establecido en el manual de carreteras EG -2013.

✓ **Clasificación de Suelo**



Figura 6. Clasificación de Suelo

Nota: Elaboración propia.

Para poder identificar un tipo de suelo es necesario realizar la caracterización física del material que se requieran usar con fines ingenieriles. En la actualidad existen dos tipos de clasificación de materiales más usados por las obras de construcción en el área de la geotecnia, siendo estos el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS) y el sistema de clasificación AASHTO. Basados en los ensayos de granulometría y ensayos límites de consistencia (límite líquido y límite plástico) podemos determinar el tipo de suelo.

Sistema Unificado de Clasificación de Suelo.

Criteria for Assigning Group Symbols and Group Names Using Laboratory Tests ^A				Soil Classification		
				Group Symbol	Group Name ^B	
COARSE-GRAINED SOILS	Gravels (More than 50 % of coarse fraction retained on No. 4 sieve)	Clean Gravels (Less than 5 % fines ^C)	$Cu \geq 4.0$ and $1 \leq Cc \leq 3.0^D$	GW	Well-graded gravel ^E	
		Gravels with Fines (More than 12 % fines ^C)	$Cu < 4.0$ and/or $[Cc < 1 \text{ or } Cc > 3.0]^D$	GP	Poorly graded gravel ^E	
			Fines classify as ML or MH	GM	Silty gravel ^{E,F,G}	
	More than 50 % retained on No. 200 sieve	Sands (50 % or more of coarse fraction passes No. 4 sieve)	Clean Sands (Less than 5 % fines ^H)	$Cu \geq 6.0$ and $1.0 \leq Cc \leq 3.0^D$	SW	Well-graded sand ^I
			Sands with Fines (More than 12 % fines ^H)	$Cu < 6.0$ and/or $[Cc < 1.0 \text{ or } Cc > 3.0]^D$	SP	Poorly graded sand ^I
		Fines classify as CL or CH		SM	Silty sand ^{F,G,I}	
FINE-GRAINED SOILS	Silt and Clays	inorganic	$PI > 7$ and plots on or above "A" line ^J	CL	Lean clay ^{K,L,M}	
		Liquid limit less than 50	inorganic	$PI < 4$ or plots below "A" line ^J	ML	Silt ^{K,L,M}
			organic	$\frac{\text{Liquid limit - oven dried}}{\text{Liquid limit - not dried}} < 0.75$	OL	Organic clay ^{K,L,M,N} Organic silt ^{K,L,M,O}
	50 % or more passes the No. 200 sieve	Silt and Clays	inorganic	PI plots on or above "A" line	CH	Fat clay ^{K,L,M}
			Liquid limit 50 or more	inorganic	PI plots below "A" line	MH
		organic		$\frac{\text{Liquid limit - oven dried}}{\text{Liquid limit - not dried}} < 0.75$	OH	Organic clay ^{K,L,M,P} Organic silt ^{K,L,M,Q}
HIGHLY ORGANIC SOILS	Primarily organic matter, dark in color, and organic odor			PT	Peat	

Figura 7. Clasificación de Suelo

Fuente: ASTM 2487-17.

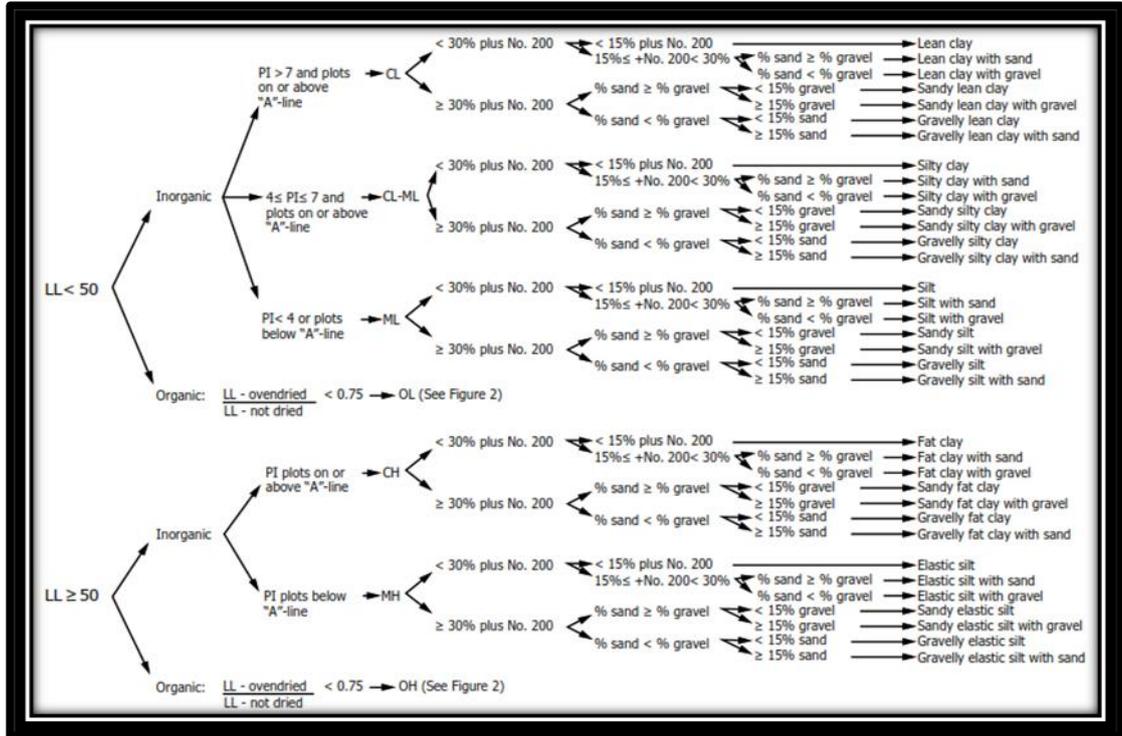


Figura 8. Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano fino (50% o más pasa el tamiz n. ° 200).

Fuente: ASTM 2487-17.

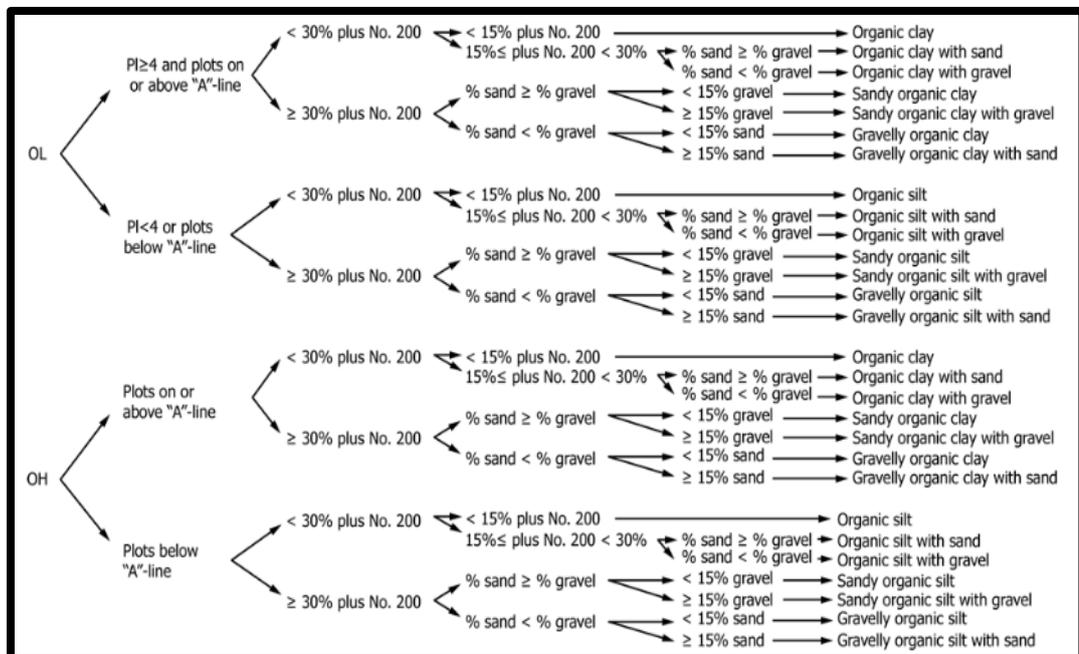


Figura 9. Diagrama de flujo para clasificar suelos orgánicos de grano fino (50% o más pasa el tamiz n. ° 200).

Fuente: ASTM 2487-17.

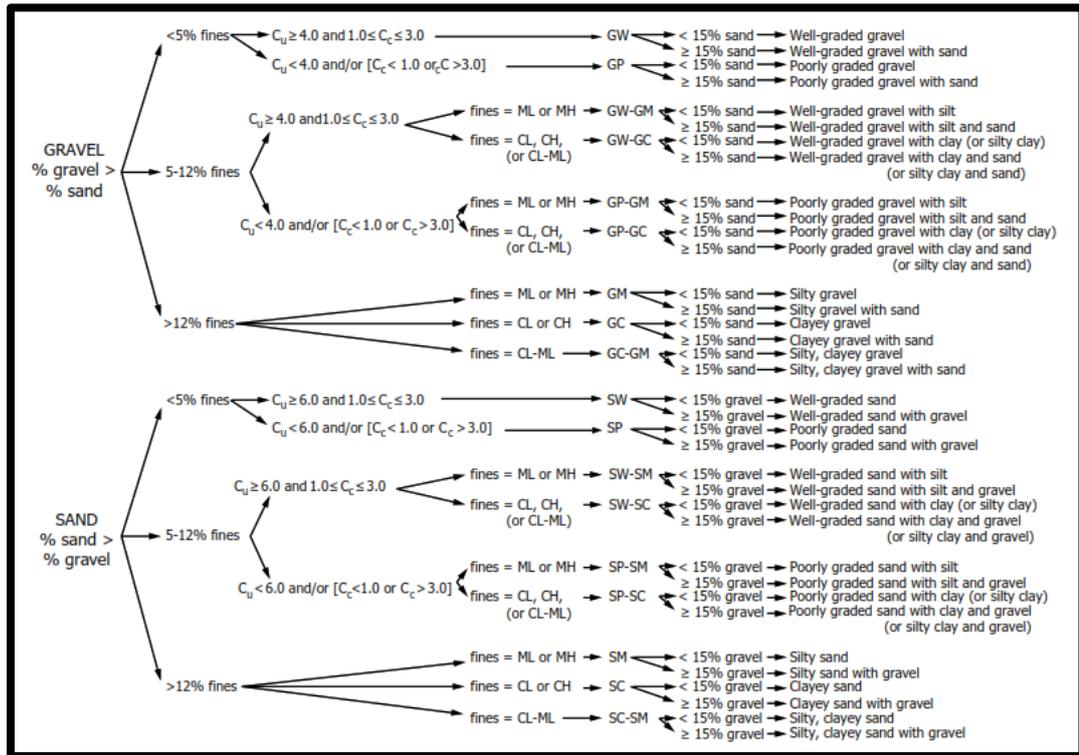


Figura 10. Diagrama de flujo para clasificar suelos de grano grueso (50% retiene el tamiz n. ° 200).

Fuente: ASTM 2487-17.

✓ **Ensayo de Limite de consistencia**



Figura 11. Limite de consistencia

Fuente: Propia.

El ensayo Limite de consistencia también llamado Limite de Atterberg en nombre al científico Albert Mauritz Atterberg, se basa en agregar pequeñas cantidades de agua a una

masa de suelo para determinar su consistencia en estado sólido, semisólido, plástico y líquido, el contenido de humedad se calcula en porcentaje de Limite Líquido, el porcentaje del Limite Plástico y el Índice de Plasticidad de un suelo que pasa por una abertura de tamiz N° 40 (0.425 mm), siendo estos resultados muy importantes para clasificar un tipo de suelo.

El ensayo de limite líquido consiste en rellenar una masa húmeda en una cuchara dejándola caer a una distancia de 10 mm 25 veces (golpes) por cada golpe 0.9 s por medio un aparato llamado Copa Casagrande inventada por Astur Casagrande.

El ensayo de Limite de plasticidad consiste en amasar un suelo fino en forma de un cilindro de 3 mm de espesor con los dedos sobre un vidrio esmerilado con la finalidad de que este material pierda humedad hasta que presente las primeras fisuras en su cuerpo, dándose así por terminada la operación.

Imagen 1 LL

Imagen 2 LP

✓ **Durabilidad**



Figura 12. Durabilidad en los agregados

Fuente: Propia.

Es la propiedad de un material (roca) capaz de resistir las pérdidas de sus propiedades físicas a los efectos de los sulfatos de magnesio o sulfatos de sodio. Este ensayo sirve para evaluar diferentes tipos de rocas y estimar cualitativamente la durabilidad en condiciones reales, los resultados son una simulación en laboratorio que tienen que ser respaldadas por otros ensayos para determinar la durabilidad del agregado.

Este ensayo consiste en sumergir el agregado en un líquido con las sales de sulfato de magnesio o sulfato de sodio y luego llevarlas al horno a una temperatura controlada de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ el sumergido y el secado se considera un ciclo para el ensayo. La hidratación por los poros permeables del agregado y la fuerza de expansión interna simula la expansión del agua por congelamiento. Una vez terminada las repeticiones (ciclo), el agregado es lavado hasta perder las sales adheridas al agregado, luego se procede a realizar los cálculos con la información obtenida en el procedimiento.

✓ Ensayo de Abrasión



Figura 13. Abrasión los Angeles

Fuente: Propia.

El ensayo consiste en la acción y efecto de degastar el agregado por fricción, mediante este efecto se determina en porcentaje de desgaste. El procedimiento consiste en obtener una masa de agregado según el porcentaje del ensayo de granulometría para determinar el tipo de gradación, ya sea A, B, C o D. En nuestro caso utilizamos la gradación A comprendida en los tamices de $1\ 1/2''-1''$, $1''-3/4''$, $3/4''-1/2''$ y $1/2''-3/8''$ con una masa de 5000 ± 25 g de material entre los tamices antes mencionados, luego esta masa se introduce junto con las 12 esperas de acero en la máquina de los ángeles que tiene una forma de cilindro. El cilindro deberá girar de manera uniforme a una velocidad de entre 30 y 33 rpm, completándose un total de 500 vueltas. Para finalizar el ensayo se procede a separar el material desgastado mediante un tamiz N° 12, se realiza los cálculos y se determina el porcentaje de abrasión.

✓ **Ensayo Proctor modificado**



Figura 14. Proctor modificado

Fuente: Propia.

El ensayo se utiliza para determinar el óptimo contenido de humedad (%) y la máxima seca (g/cm^3), consiste en determinar la gradación del material a ensayar con la finalidad de obtener los porcentajes de cada partícula para elegir el método especificado, ya

sea un método A, B o C, en nuestro caso se utilizó el método C por el tipo de gradación, los porcentajes de las gravas retenidos en el tamiz 3/4 pulgada son eliminados y reemplazados en masa entre los tamices $\frac{3}{4}$ - N°4. Se prepara 4 muestras con diferentes porcentajes de humedad cada una de ellas con una masa de 6000 g, las humedades tienen que diferir en 2% una con la otra, mezclar y compactar en un molde de un diámetro de 15.24 cm, una altura de 11.64 cm y un volumen de 2124 cm³ con un pisón de caída libre de 45.72 cm, una masa de 4.54 kg y una cara de golpe plana y circular de 50.8 cm de diámetro, para cada punto se compactara en 5 capas cada una a 56 golpes por capa. El criterio es buscar una curva de forma cóncava entre los 4 puntos de muestras compactadas. Para dibujar la curva dos puntos deben estar ubicados de forma ascendente y los otros dos puntos deben estar ubicados de forma descendente, este resultado se dará por el incremento de agua y por el peso unitario corregido. Una vez que se logre tener una curva semejante a lo descrito se procede a interpolar la cumbre mas alta de dicha curva, el resultado se dibujara en un plano cartesiano en el cuadrante I siendo para las densidades (g/cm³) el eje de las ordenadas y el los porcentajes de humedad para el eje de las abscisas.

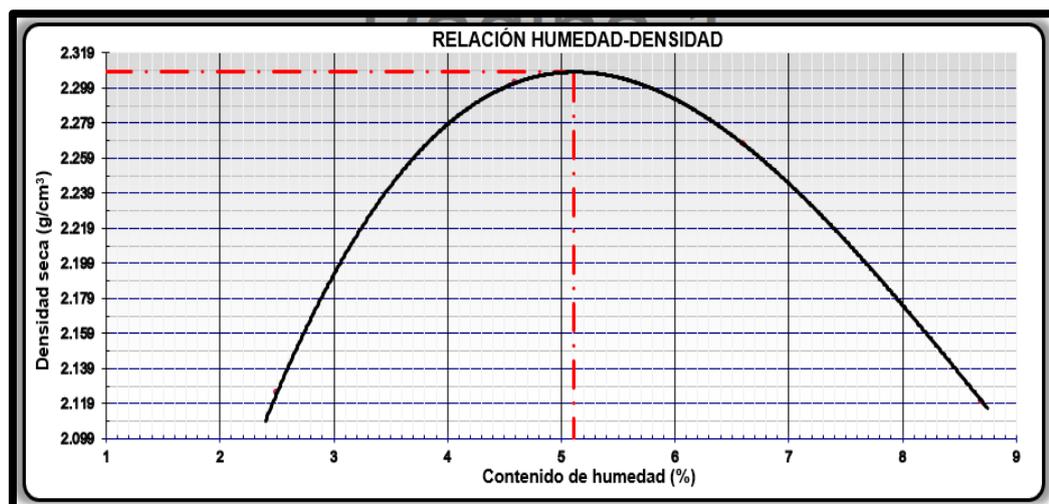


Figura 14. Ejemplo de curva de compactación en el ensayo de Proctor Modificado.

Fuente: Propia.

Este procedimiento aplicaremos con las adiciones de aceite de motor reciclado mas cemento portland tipo I, para las siguientes dosificaciones.

Se realizaron 16 muestras con diferentes dosificaciones. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 2% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 3% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 4% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% y 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 5% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

El resultado final de este ensayo servirá para realizar el diseño con las proporciones propuestas en nuestra tesis.

✓ **Ensayo CBR**



Figura 15. Ensayo CBR

Fuente: Propia.

El ensayo de CBR se emplea en evaluar la capacidad de resistencia de un suelo en su peor condición.

Básicamente consiste en compactar un suelo con una densidad y humedad conocida, resultados obtenidos del ensayo de Proctor Máxima densidad Seca y Optimo contenido de humedad son utilizados para este ensayo. El material es compactado en tres moldes cada una

de ellas con 5 capas, pero con diferentes golpes de 56, 26 y 12 y con un pisón de iguales características utilizados en el ensayo de Proctor modificado. El molde para CBR cumple con las siguientes medidas 15.24 cm de diámetro interior y una altura de 17.78 cm, el disco espaciador es de forma circular de 15.8 cm de diámetro exterior y 6.14 cm de espesor sirve como base en el fondo del molde durante la compactación. Se coloca un papel filtro encima del disco espaciador y se rellena el molde con material granular, se compacta hasta la altura del collarín inferior sobrepasando de material compactado 10 mm de espesor, se enrasa firmemente el material compactado, se gira el molde sobre la base de la misma colocando papel filtro entre el suelo enrasado y la base del molde, se extrae el disco espaciador del molde, se pesa el material compactado más el molde luego colocamos la pesa anular y ranurada para cada molde. Sumar los moldes con las pesas y los trípodes y diales calibrados a cero en cada una de ellas, anotar la fecha de curado y hora. Dejar curar por un periodo de 96 horas, extraer los moldes de la poza, realizar la penetración con un pisón circular de 19.35 cm² de área a una velocidad de 1.27 mm/min a continuación, se toma las lecturas de carga para las siguientes penetraciones:

Penetración	
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

Figura 16. lecturas de carga expresadas en milímetros y pulgadas.

Fuente: MTC E 132

Los resultados obtenidos en el procedimiento se pasan a una hoja de cálculo para la interpretación de curvas CBR. Los porcentajes obtenidos a 0.1" y a 0.2" de penetración de una densidad del 95% y 100 % de la máxima seca son los índices de resistencia de un suelo.

✓ **Ensayo de humedecimiento y secado**

La finalidad del ensayo es determinar la durabilidad de la muestra compactada después de ser curada en una cámara húmeda a una temperatura de 21 °C y una humedad relativa del 100% durante 7 días, sumergida en una poza de curado por 5 horas y secada en un horno a una temperatura de 71 °C por 42 horas, cepillado en todo el cuerpo de espécimen con una escobilla metálica, el procedimiento de sumergido, secado y cepillado comprende un ciclo repitiéndose por 12 veces. Con este proceso habremos determinado el porcentaje de pérdida de material por durabilidad.

Se compacta el espécimen en un molde de Proctor estándar de 10.15 cm diámetro y 11.60 cm de altura con una densidad y humedad conocida se agrega la cantidad de cemento y aceite motor según los porcentajes establecidos por el operador.

Una vez compactada todo el material calculado para dicha densidad se procede a desmoldar con la ayuda de un extractor de muestra. Se determina la masa y se lleva a la cámara de curado durante 7 días. Luego del periodo de curado en la cámara se sumerge el espécimen en una poza de curado por un periodo de 5 horas, se registra la masa después del sumergido para continuar con el secado en un horno a una temperatura de 71 °C por un periodo de 42 horas, después del periodo de secado se registra la masa y se escarifica el espécimen con escobilla metálica en toda la superficie con golpe firme 18 a 20 pasadas laterales a 13.3 N y 4 pasadas sobre cada extremo, sumergir nuevamente en agua y continúese el procedimiento por 12 ciclo. Completada el ciclo secar la muestra en un horno

a una temperatura de 110 °C hasta obtener una masa constante. Los datos recolectados en el procedimiento son digitados a una hoja de calculo (Excel) para obtener como resultado final un porcentaje de perdida de material representada como resistencia a los procesos severos del ensayo. La durabilidad del espécimen también controla la cantidad de dosificaciones de cemento y aceite de motor reciclado.

El procedimiento descrito anteriormente se aplicará a las dosificaciones que mayor resisten a la compresión simple tenga el grupo de cuatro muestras dosificadas al 2, 3, 4, y 5 de aceite de motor reciclado más la adición de cemento portland tipo I al 2, 3, 4, y 5 para cada grupo.

✓ **Ensayo de resistencia a la compresión simple**



Figura 17. Resistencia a la compresión Simple.

Fuente: MTC E 132

El ensayo de resistencia a la compresión simple comprende el esfuerzo aplicado a una muestra cilíndrica de suelo capaz de soportar una carga constante por unidad transversal expresada en kg/cm² o en Mpa comúnmente.

Basándonos en la norma MTC E 1103 Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo -Cemento realizamos el siguiente procedimiento:

Determinar la masa de material con los resultados de la máxima densidad y óptimo contenido de humedad de las diferentes dosificaciones realizadas previamente para cada espécimen, para un volumen de molde 10.15 cm de diámetro y 11.6 cm de altura, mezclar la masa de material con aceite motor reciclado y cemento en porcentajes de cada dosificación del ensayo de Proctor modificado. Desmoldar la probeta con la ayuda de un extractor de muestra, dejar curar en una cámara húmeda por un periodo de 7 días al final del curado húmedo, se sumergió por 4 horas los especímenes en agua. Colocar el espécimen en la máquina de ensayo para resistencia a compresión, aplique la carga a una velocidad de 1.3 mm/min de manera constante hasta que disminuya, anotar la carga máxima con aproximación de 45 N.

Este procedimiento se aplicará para las diferentes proporciones obtenidas del ensayo de Proctor modificado siendo así los resultados de la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad con las siguientes dosificaciones para cada una. Se realizaron 16 muestras. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 2% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 3% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 4% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% y 4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 5% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Análisis de las características físicas y mecánicas de la canteras San Vicente.

Las muestras representativas de material de la cantera San vicente, se obtuvieron y se ensayaron en base a las normativas establecidas según cada método de ensayo y el manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC).

Las siguientes tablas muestran el resumen de los resultados de la caracterización física y mecánica de los materiales de cantera, los cuales son el análisis granulométrico, contenido de humedad, límites de plasticidad, clasificación del suelo, porcentaje de desgaste de abrasion, peso específico, porcentaje de absorción, sulfato de magnesio para el agregado fino y agregado grueso, Proctor modificado y la capacidad de soporte CBR.

Tabla 4 .
Resumen de los resultados de las características físicas de los materiales.

CANTERA: SAN VICENTE																
N°	Resumen Granulométrico (% Pasante acumulado)									Humedad		Límites (%)			Clasificación	
	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	N° 4	N° 10	N° 40	N° 200	(%)	LL	LP	IP	SUCS	AASHTO
	MTC E-107/204									MTC	MTC	MTC				
										E-108	E-110	E-111				
1	100	87.8	78.8	77.4	73.6	67.7	56.3	45.9	27.9	20.3	2.6	23	16	7	GC	A-2-4 (0)
2	100	94.9	86.7	81	70.9	65.2	50.8	41.2	29.5	21.0	3.1	24	16	8	GC	A-2-4 (0)
3	100	94.7	84.8	79.1	68.5	63.6	49.7	39.4	28.1	20.0	5.5	23	16	7	GC-GM	A-2-4 (0)
Pomedio	100.0	92.5	83.4	79.2	71.0	65.5	52.3	42.2	28.5	20.4	3.7	23	16	7	---	---

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 5 .

Resumen de los resultados de las características físicas de los materiales.

CANTERA: SAN VICENTE

N°	Grevead Específica	Absorción	Abrasión	Durabilidad		Prcotor Modificado		CBR Penetración 0.1"		Resistencia a la Compresión Simple
				A.G.	A.F.	MTC	MTC	MTC	MTC	
	E-206	E-206	E-115	E-209	E-209	E-115	E-115	E-132	E-132	E-1103
		%	%	%	%	g/cm3	%	95%	100%	Mpa
1	2.604	1.7	29.8	6.42	5.37	2.209	7.3	32.9	48.1	0.80
2	2.64	1.7	---	---	---	2.210	7.3	---	---	---
3	2.607	1.7	---	---	---	2.207	7.6	---	---	---
Promedio	2.617	1.7	29.8	6.4	5.4	2.209	7.4	32.9	48.1	0.80

Fuente: Elaboración propia

Para que el material de la cantera San Vicente pueda ser utilizado para la estabilización de la rasante en el proyecto “” debe cumplir los parámetros establecidos en el manual de carreteras EG-2013. En la siguiente tabla -- se mostrara los resultados de la tabla -- y tabla -- , que debe cumplir para el diseño de suelo – cemento.

3.2. Análisis de las características mecánicas de la cantera San Vicente con dosificaciones de Aceite de motor reciclado y Cemento Portland Tipo I.

Las siguiente tabla muestra el resumen de los resultados de la caracterización mecánica de la Estabilización con aceite de motor reciclado y cemento portland tipo I. A

continuación se muestran las diferentes combinaciones con la finalidad de obtener una dosificación que pueda elevar la capacidad de resistencia del suelo.

Tabla 6.
Resumen de los ensayos realizados con diferentes dosificaciones.

Mezcla	Dosificación		Proctor Modificado		HUMEDECIMIENTO O - SECADO	RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN
	Aceite de motor reciclado	Cemento portland tipo I	M.D.S	O.C.H		
	%	%	g/cm ³	%	MTC E 1104	MTC E 1103
cantera San vicente	0	0	2.209	7.4		0.80
	2	2	2.212	6.93		1.68
cantera San Vicente	2	3	2.216	6.72		1.78
	2	4	2.228	6.32	9.1	1.92
	2	5	2.235	6.04	7.5	2.20
	3	2	2.214	7.01		1.75
cantera San Vicente	3	3	2.218	6.67	8.3	1.91
	3	4	2.245	6.78	7.8	1.98
	3	5	2.279	6.60	5.8	2.22
	4	2	2.211	7.67		1.68
cantera San Vicente	4	3	2.220	7.28		1.78
	4	4	2.237	6.65	10.4	1.82
	4	5	2.219	6.92	10.8	1.87
	5	2	2.189	7.43		1.60
cantera San Vicente	5	3	2.193	7.21		1.61
	5	4	2.202	7.34		1.68
	5	5	2.212	7.41	12.0	1.71

Fuente: Elaboración propia.

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

4.1. Discusión

4.1.1. Discusión 1

- En el análisis de las características del material granular de la cantera San Vicente se observa que el tipo de suelo clasifica como GC (SUCS) y A-2-4 (0) (AASHTO), lo cual indica que se trata de un suelo gravoso con contenido de arcillas y limos.
- En el siguiente figura 18 se muestran los valores del límite líquido e índice de plasticidad, resultando un IP máximo de 7%, lo que indica que el material presenta una plasticidad media – baja. La muestra es analizada en su condición natural sin la adición de algún insumo que pueda alterar su comportamiento para el ensayo.

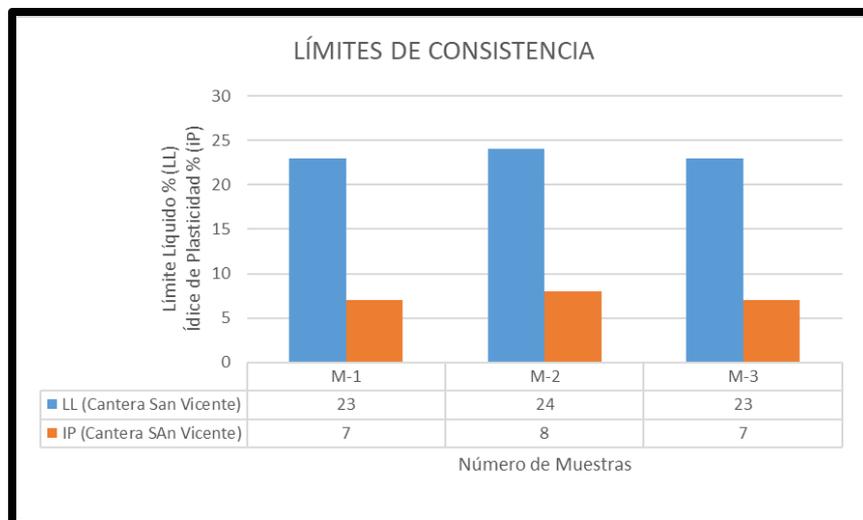


Figura 18. Analisis de resultados de Indice de Plasticidad.

Fuente: Propia

- La Grevedad especifica de la grava se puede caracterizar por el tipo de roca, estas se dividen en tres grupos. Rocas Ingeneas, Rocas Mataforficas y Rocas Sedimentarias, las cuales cada una de ellas comprenden diferentes tipos de

rocas diferenciadas por su geología, por su dureza, por su resistencia y por la composición de minerales con la que esta compuesta. También se puede diferenciar por el Resultado obtenida del ensayo de Gravedad Especifica, que comprende $G_s < 2.5$ se considera como Ligero, para Gravedad Especifica que comprende entre $2.5 < G_s < 2.75$ se considera como Normal y para Gravedad Especifica que comprende $G_s > 2.75$ se considera como Pesado, de la misma manera los resultados del Ensayo de la Gravedad Especifica se puede corelacionar con la Prueba del ensayo desgaste por Abrasion.

En la siguiente figura 19 se muestra los resultados obtenidos del material de la cantera San Vicente teniendo como resultado una gavedad especifica “Normal”, se podría decir Normalmente resistente al desgaste por abrasion.

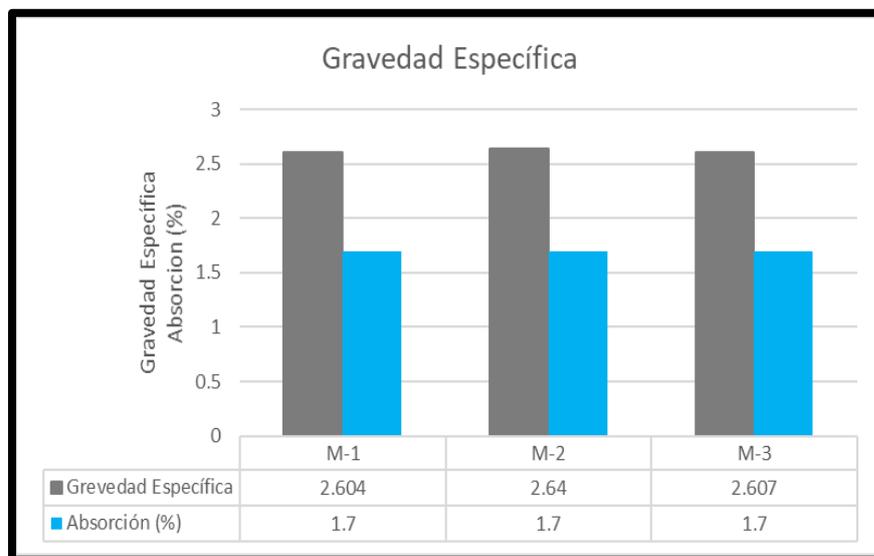


Figura 19. Analisis de resultados de Gravedad Especifica.

Fuente: Propia.

- En el siguiente figura 20 se muestra el resultado del Ensayo de Abrasion teniendo un porcentaje de 29.8 % de desgaste por abrasion.

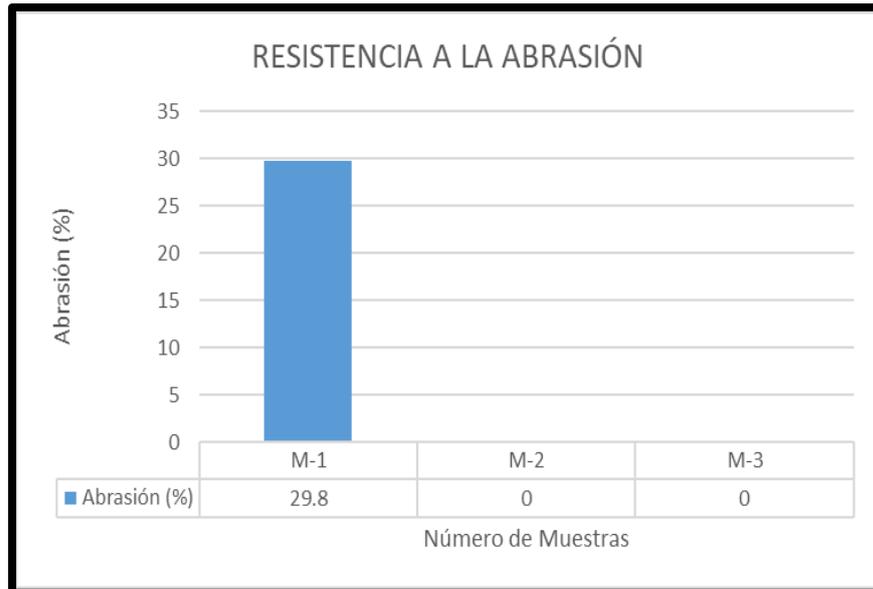


Figura 20. Analisis de resultados de Resistencia a la Abrasion en los agregados.

Fuente: Propia

- En la siguiente figura 21 se muestra el resultado del agregado grueso y agregado fino, siendo la primera un resultado 6.42% y la segunda 5.37% de Durabilidad por sulfato de magnesio.

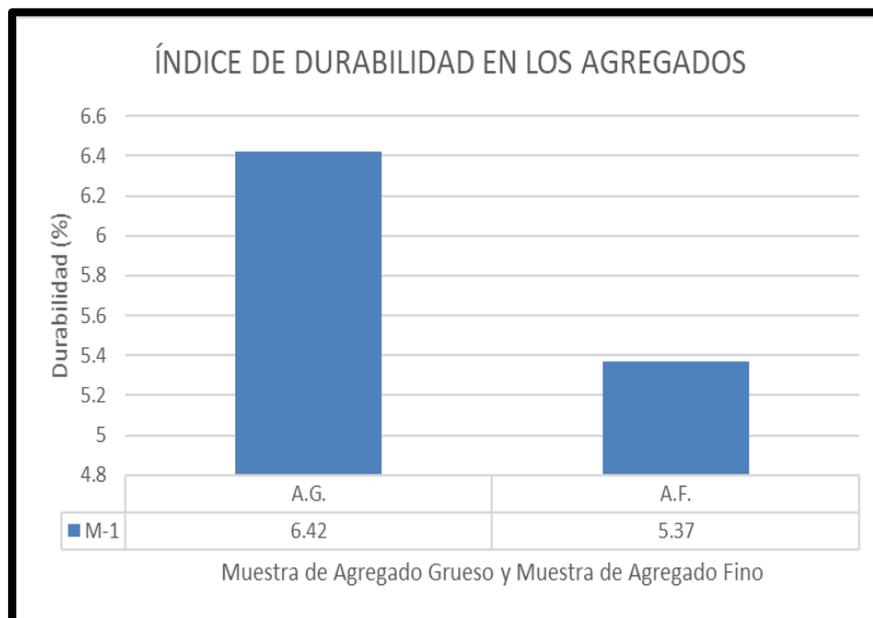


Figura 21. Índice de durabilidad en los agregados.

Fuente: Propia.

- En el siguiente figura 22 se muestran los valores del contenido de humedad, teniendo que recalcar la importancia de esta propiedad del material, puesto que si la humedad resulta mayor a la humedad optima se tendrá que tener consideraciones para alcanzar estos valores establecidos en las especificaciones técnicas.

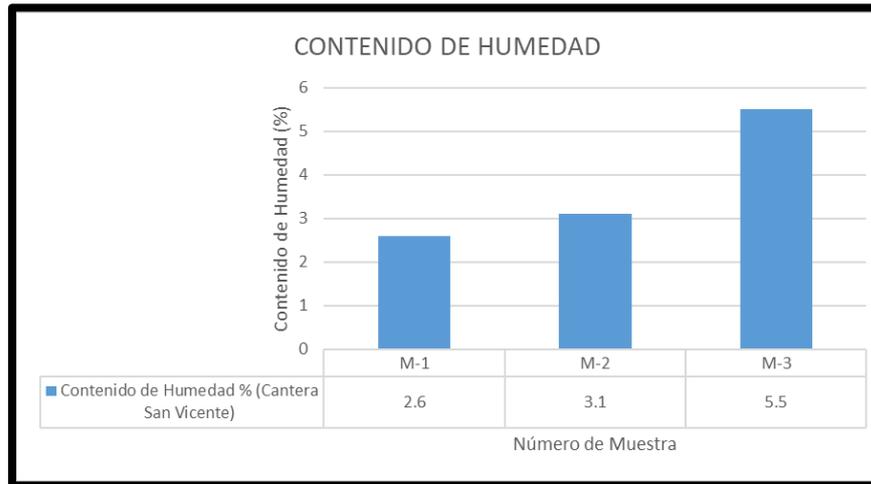


Figura 22. Analisis de resultados de Contenido de humedad.

Fuente: Propia

- En el siguiente figura 23 se muestran los valores del Proctor Modificado, teniendo que mencionar la importancia de este ensayo, puesto que nos dirá cuál será el óptimo contenido de humedad en la cual se llega a su máxima densidad seca. El ensayo es realizado en su condición natural sin la adición de ningún insumo para el material. Se observa que tenemos una máxima densidad seca 2.209 g/cm³ y una humedad optima de 7.4 % en promedio de tres ensayos, este ultimo resultado se utilizara para realizar los cálculos con las dosificaciones propuestas para el diseño de mezcla de material granular, con aceite de motor reciclado y con cemento portland tipo I.

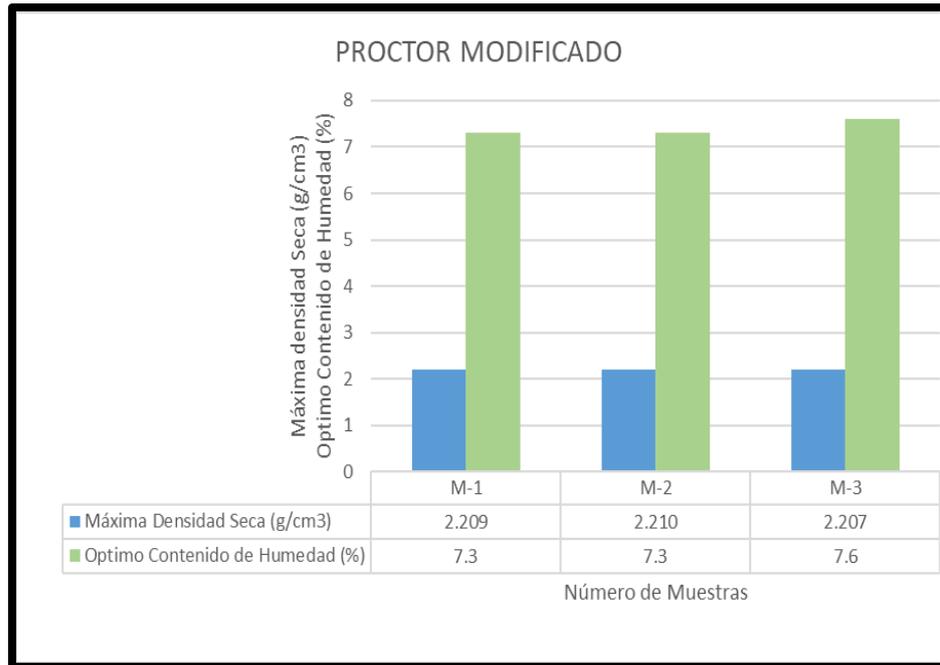


Figura 23. Analisis de resultados de Proctor modificado.

Fuente: Propia

- En el siguiente figura 24 se muestran los resultados de la capacidad de soporte del material de afirmado de las canteras, esta propiedad viene a ser importante porque es la determinante en el diseño de la estructura de la carpeta de rodadura, el cual tiene exigencias en la normativa del MTC. y poder evaluar si es o no necesario un mejoramiento de las propiedades mecánicas del material de suelo. La muestra fue evaluada en su condición natural, este ensayo es realizado con la única intención de tener una referencia de resultado a la penetración del 0.01" al 95% y al 100% para nuestra investigación, ya que no es solicitada como requisito de ensayo para un diseño de suelo estabilizado con cemento.

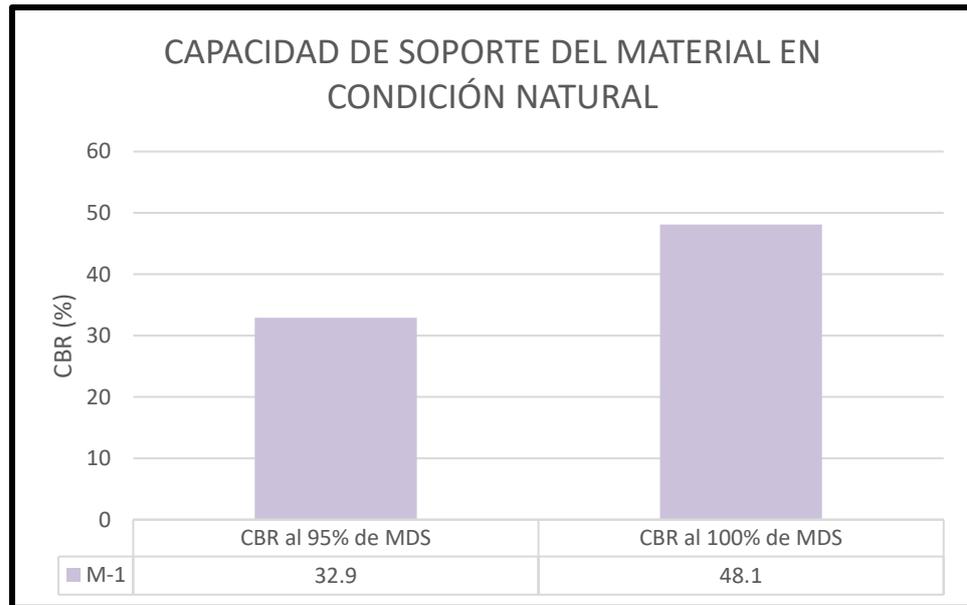


Figura 24. Analisis de resultados de CBR – Capacidad de soporte.

Fuente: Propia.

- En la siguiente figura 25 se muestra la capacidad de resistencia de un material granular de la cantera San Vicente en condición Natural, la intension de realizar el ensayo en esta condición es tener un resultado que refleje la resistencia del suelo sin la dicion de ningún insumo. El resultado obtenido es 0.80 Mpa equivalente a 8.1 kgf/cm².

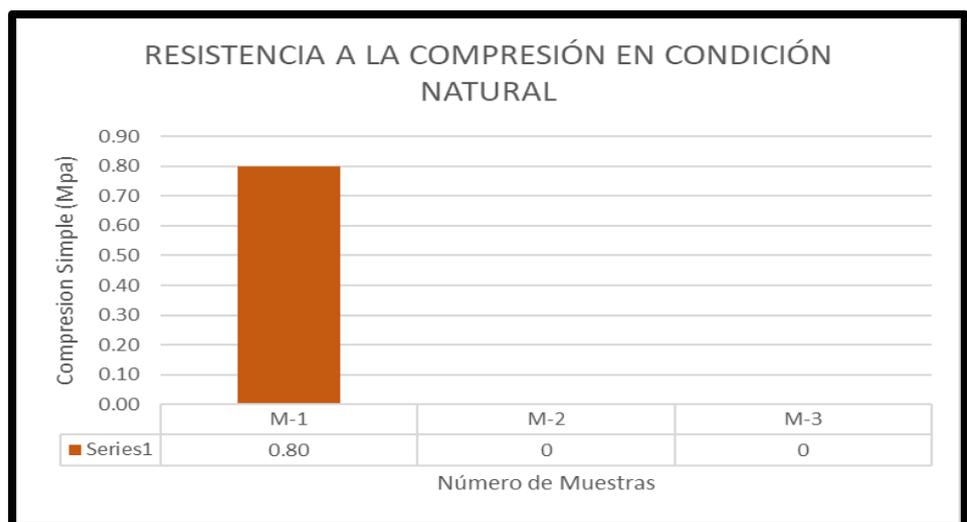


Figura 25. Analisis de resultados de Resistencia a la Compresion.

Fuente: Propia.

4.1.2. Interpretación 1

- Para que el material de la cantera San Vicente pueda ser utilizado para la estabilización de la rasante en el proyecto “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL HV-100 (ACRAQUIA) - VILLA LIBERTAD -TÚPAC AMARU - ESPERANZA - FLORIDA - LANZA (EMP. PE-3S)” debe cumplir los parámetros establecidos en el manual de carreteras EG-2013. En la siguiente tabla 7 se mostrara los resultados de la tabla 4 y tabla 5 , que debe cumplir para el diseño de suelo – cemento.
- En la siguiente tabla se muestran los resultados de las características físicas y mecánicas del material granular para su evaluación en cumplimiento con los parámetros para un suelo estabilizado.

Tabla 7.

Verificación del cumplimiento con los parámetros establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013

Propiedades y Características	Material granular estabilizado según las especificaciones técnicas manual de carreteras eg-2013	Resultados de ensayos de Laboratorio	Cumple
	requisito del material		
	Tipos de Suelo (clasificación AASHTO)		
granulometría (1)	A-1		
	A-2	SUCS= GC	
	A-3	AASHTO=	
	A-4	A-2-4 (0)	
	A-5		
	A-6		
	A-7		
Límite Líquido	Infeior 40%	23	SI
Límite Plástico	Menor a 18%	16	SI
Abrasión de los ángeles	50% max.	30	SI

Sulfato de magnesio, \geq 3000 msnm / para agregado grueso	máx. 18%	6.4	SI
Sulfato de magnesio, \geq 3000 msnm / para agregado fino	máx. 15%	5.4	SI
Proctor Modificado	---	MDS: 2.209 OCH: 7.4	---
CBR de suelos (2)	---	95%= 33 100%= 48	---
Humedecimiento y secado de mezclas de suelo - cemento (3)	AASHTO= A-2-4 (0) Pérdida máxima 14%	---	---
Resistencia a la compresion simple de probetas de suelo – cemento	1.8 Mpa mín.	---	---

Fuente: Elaboración propia

4.1.3. Discusión 2

- En el siguiente grafico se muestra los valores del ensayo Proctor Modificado con la adición de Aceite de motor reciclado mas Cemento portlad tipo I con las siguiente dosificación:

4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 2% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

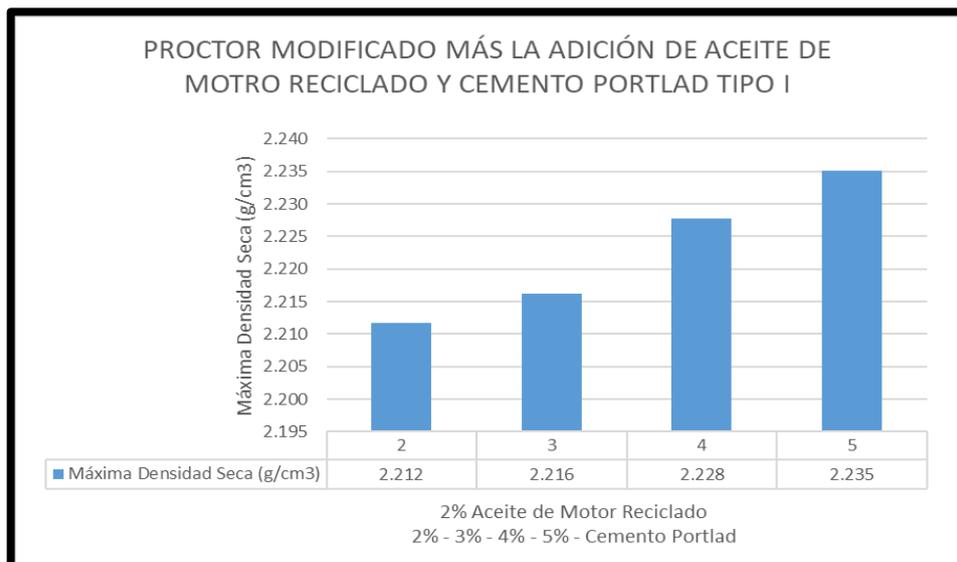


Figura 26. Analisis de Maxima Densidad - Aceite de Motor Reciclado al 2% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

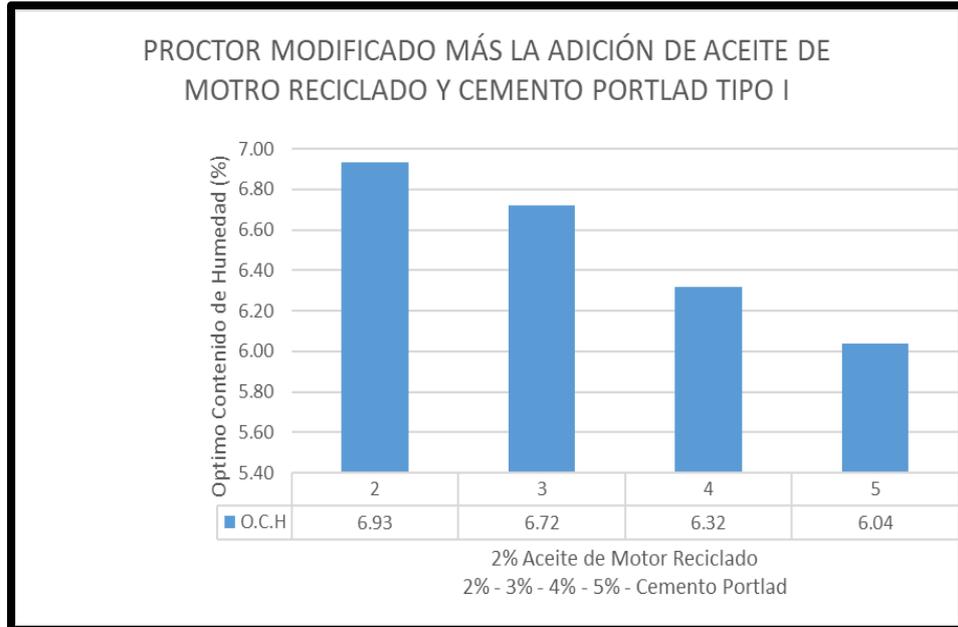


Figura 27. Analisis de Optimo Contenido de Humedad - Aceite de Motor Reciclado al 2% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

4.1.4. Interpretación 2

- En la figura 26 de máxima densidad seca se observa que las densidades del Proctor Modificado van en aumento según el porcentaje de cemento 2% es menor que 3% y 4% es menor que 5%. En la dosificación el aceite motor se mantiene con un porcentaje de 2%.
- En la figura 27 de optimo contenido de humedad del ensayo Proctor modificado pasa lo contrario, el porcentaje de humedad disminuye en relación a la cantidad de cemento como se puede observar que 2% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 3%, 3% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 4% y 4% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 5%. En la dosificación el aceite motor se mantiene con un porcentaje de 2%.

4.1.5. Discusión 3

- En la siguiente figura se muestra los valores del ensayo Proctor Modificado con la adición de Aceite de motor reciclado mas Cemento portlad tipo I con las siguiente dosificación:

4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 3% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

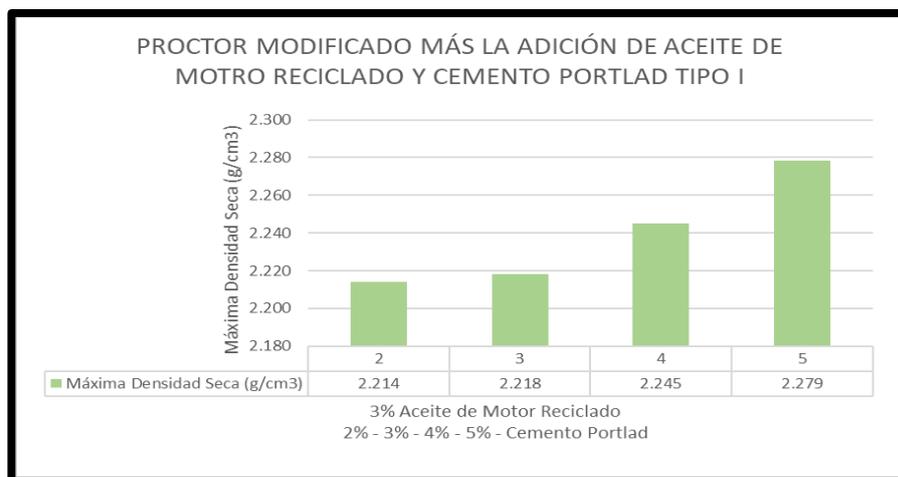


Figura 28. Analisis de Máxima Densidad Seca - Aceite de Motor Reciclado al 3% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

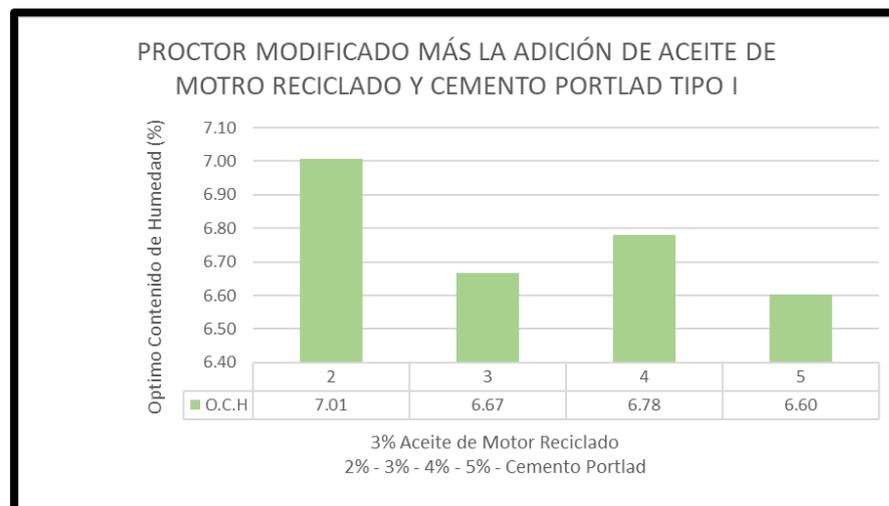


Figura 29. Analisis de Optimo Contenido de Humedad - Aceite de Motor Reciclado al 3% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

4.1.6. Interpretación 3

- En la figura 28 de máxima densidad seca se observa que las densidades del Proctor Modificado van en aumento según el porcentaje de cemento 2% es menor que 3% , 3% es menor que 4% y 4% es menor que 5%. En la dosificación el aceite motor se mantiene con un porcentaje de 3%.
- En la figura 29 de óptimo contenido de humedad del ensayo Proctor modificado los porcentajes de humedad se muestra de manera impredecible, ya que según la gráfica hay un descenso y ascenso. El porcentaje de humedad disminuye y aumenta en relación a la cantidad de cemento como se puede observar que 2% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 3%, pero 3% de cemento tiene menor contenido que 4% y 4% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 5%. La dosificación de aceite motor se mantiene con un porcentaje de 3%.

4.1.7. Discusión 4

- En la siguiente figura se muestra los valores del ensayo Proctor Modificado con la adición de Aceite de motor reciclado más Cemento portland tipo I con las siguientes dosificaciones:

4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 4% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

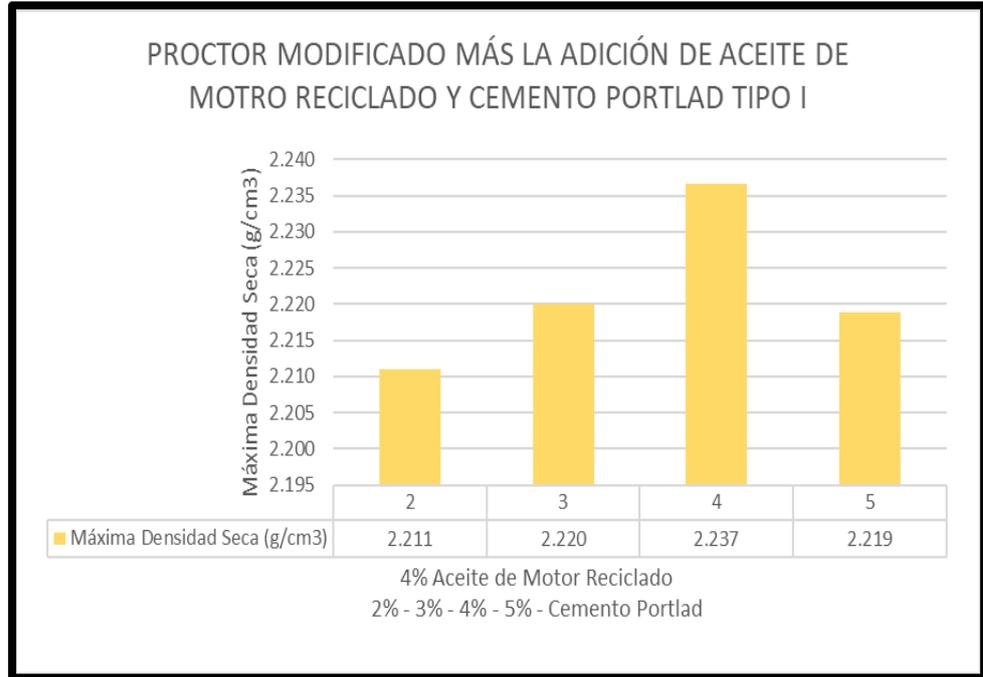


Figura 30. Analisis de Máxima Densidad Seca - Aceite de Motor Reciclado al 4% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

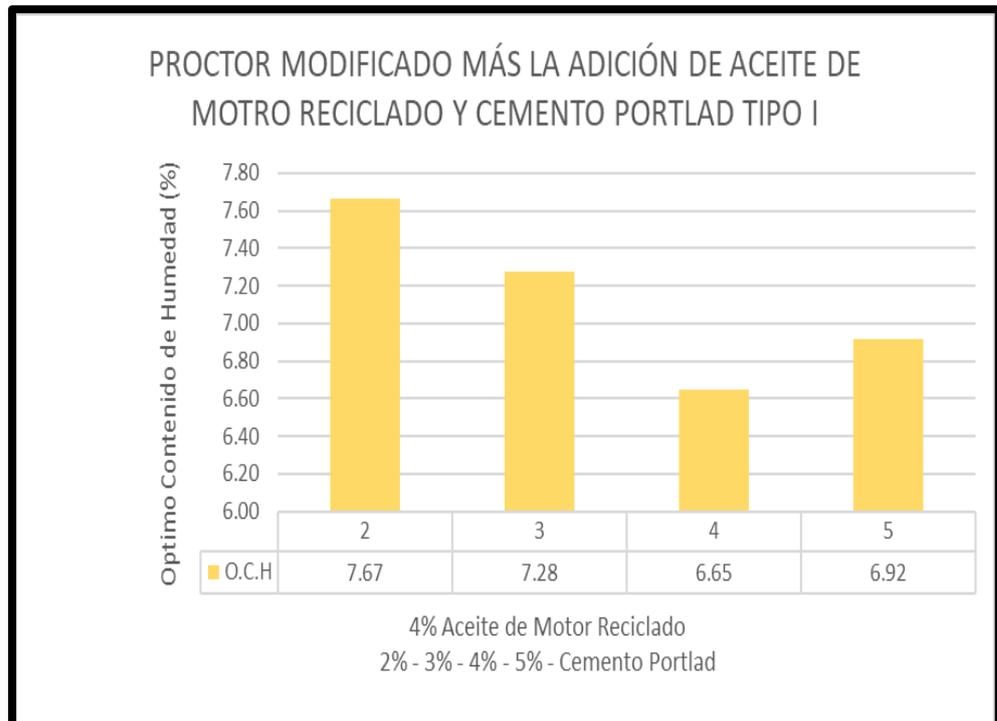


Figura 31. Analisis de Optimo Contenido de Humedad - Aceite de Motor Reciclado al 4% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

4.1.8. Interpretación 4

- En la figura 30 de máxima densidad seca se observa que las densidades del Proctor Modificado van en aumento según el porcentaje de cemento. 2% de cemento tiene menor densidad que 3% , 3% es de cemento tiene menor densidad que 4%, sin embargo 4% de cemento tiene mayor densidad que 5% de cemento. En la dosificación el aceite motor se mantiene con un porcentaje de 4%.
- En la figura 31 de óptimo contenido de humedad del ensayo Proctor modificado los porcentajes de humedad se muestra de manera impredecible, ya que según la grafica hay un descenso y ascenso. El porcentaje de humedad disminuye y aumenta en relación a la cantidad de cemento como se puede observar que 2% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 3%, 3% de cemento tiene mayor contenido de humedad que 4%, sin embargo 4% de cemento tiene menor contenido de humedad que 5%. La dosificación de aceite motor se mantiene con un porcentaje de 4%.

4.1.9. Discusión 5

- En el siguiente grafico se muestra los valores del ensayo Proctor Modificado con la adición de Aceite de motor reciclado mas Cemento portland tipo I con las siguiente dosificación:

4 muestras con Aceite de Motor Reciclado al 5% más cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%.

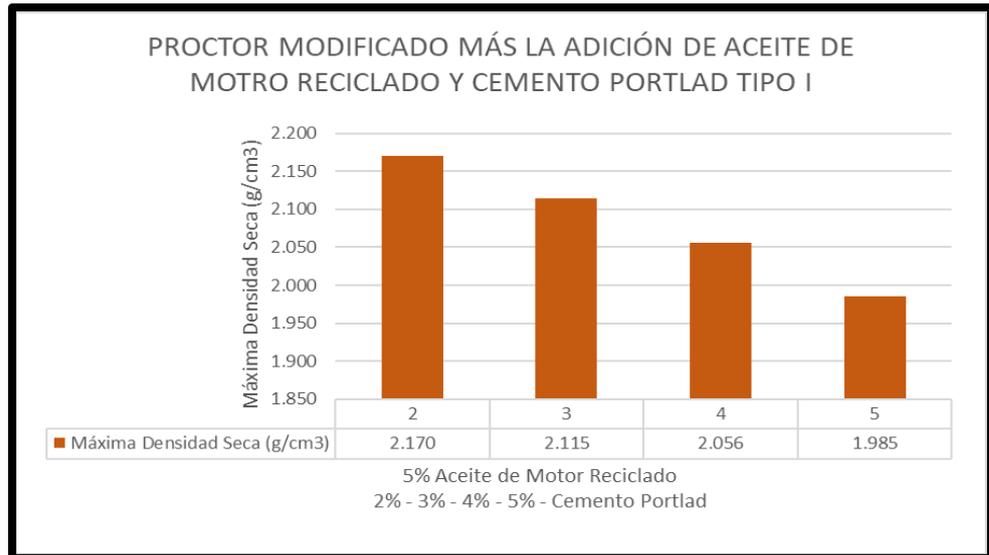


Figura 32. Analisis de Máxima Densidad Seca - Aceite de Motor Reciclado al 5% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

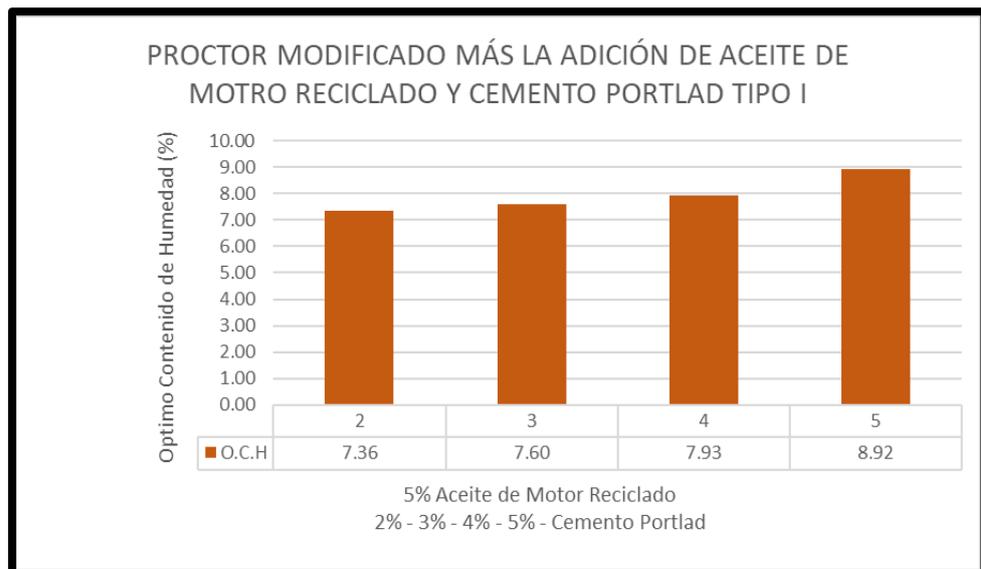


Figura 33. Analisis de Optimo Contenido de Humedad - Aceite de Motor Reciclado al 5% - cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%

Fuente: Propia

4.1.10. Interpretación 5

- En la figura 32 de máxima densidad seca se observa que las densidades del Proctor Modificado disminuye según el porcentaje de cemento. 2% de cemento tiene mayor densidad que 3% , 3% es de cemento tiene mayor

ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA -2023

densidad que 4%, 4% de cemento tiene mayor densidad que 5% de cemento.

En aceite de motor reciclado se mantiene con una dosificación del 5%.

- En la figura 33 de óptimo contenido de humedad del ensayo Proctor modificado los porcentajes de humedad aumentan según la cantidad de cemento. El porcentaje de humedad aumenta en relación a la cantidad de cemento como se puede observar que 2% de cemento tiene menor contenido de humedad que 3%, 3% de cemento tiene menor contenido de humedad que 4%, 4% de cemento tiene menor contenido de humedad que 5% de cemento. En aceite de motor reciclado se mantiene con una dosificación del 5%.

4.1.11. Discusión 6

- En los siguientes gráficos se muestra los valores del ensayo Resistencia a la Compresión Simple con la adición de Aceite de motor reciclado más Cemento Portland tipo I con la siguiente dosificación:

En el grupo de dosificación de aceite de motor al 2% y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes gráficos.

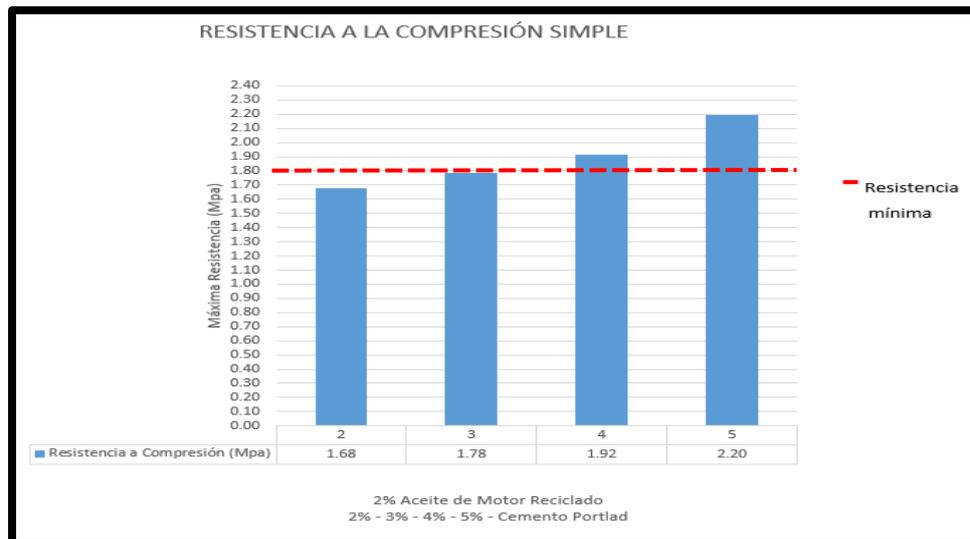


Figura 34. Analisis de Resistencia a la Compresión Simple – 2% aceite de motor.

Fuente: Propia

- En el grupo de dosificación de aceite de motor al 3% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.



Figura 35. Analisis de Resistencia a la Compresión Simple – 3% aceite de motor.

Fuente: Propia

- En el grupo de dosificación de aceite de motor al 4% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.

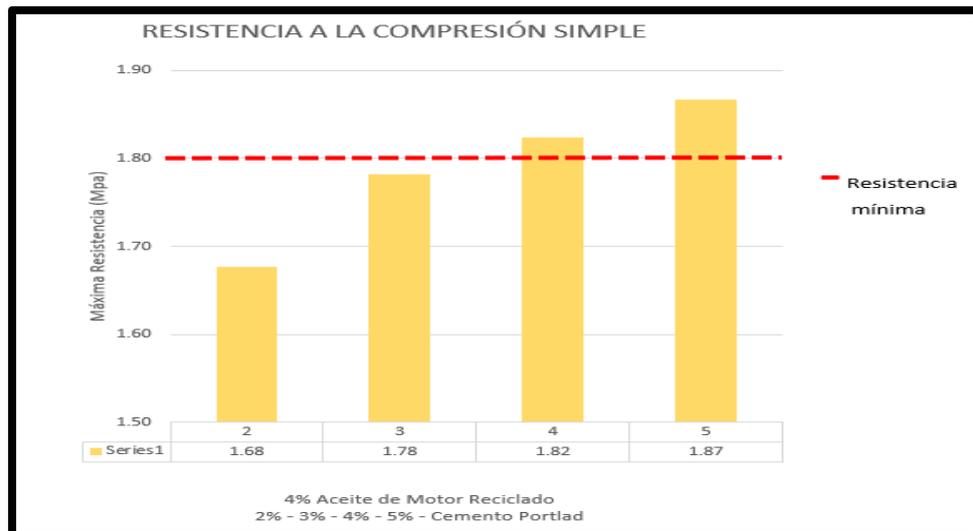


Figura 36. Analisis de Resistencia a la Compresión Simple – 4% aceite de motor.

Fuente: Propia.

- En el grupo de dosificación de aceite de motor al 5% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.

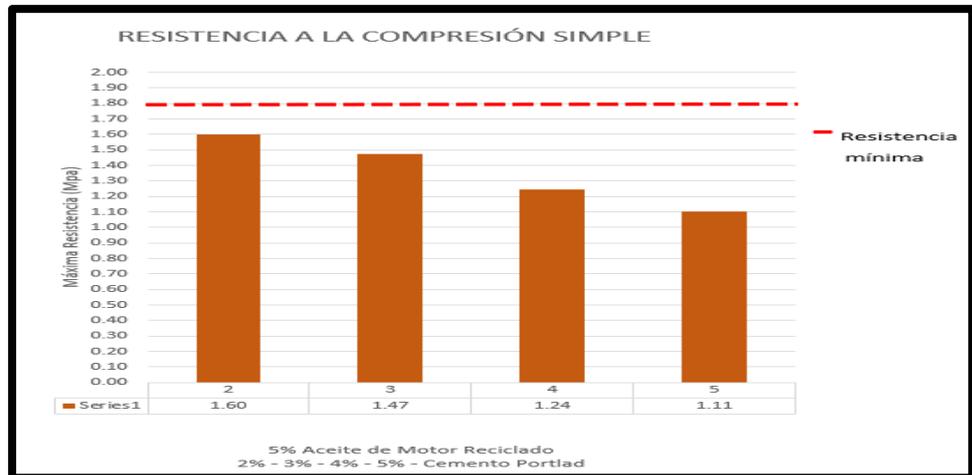


Figura 37. Analisis de Resistencia a la Compresión Simple – 5% aceite de motor.

Fuente: Propia.

- En la siguiente figura se unieron los gráficos de las 16 dosificaciones, teniendo como resultado las siguientes curvas.

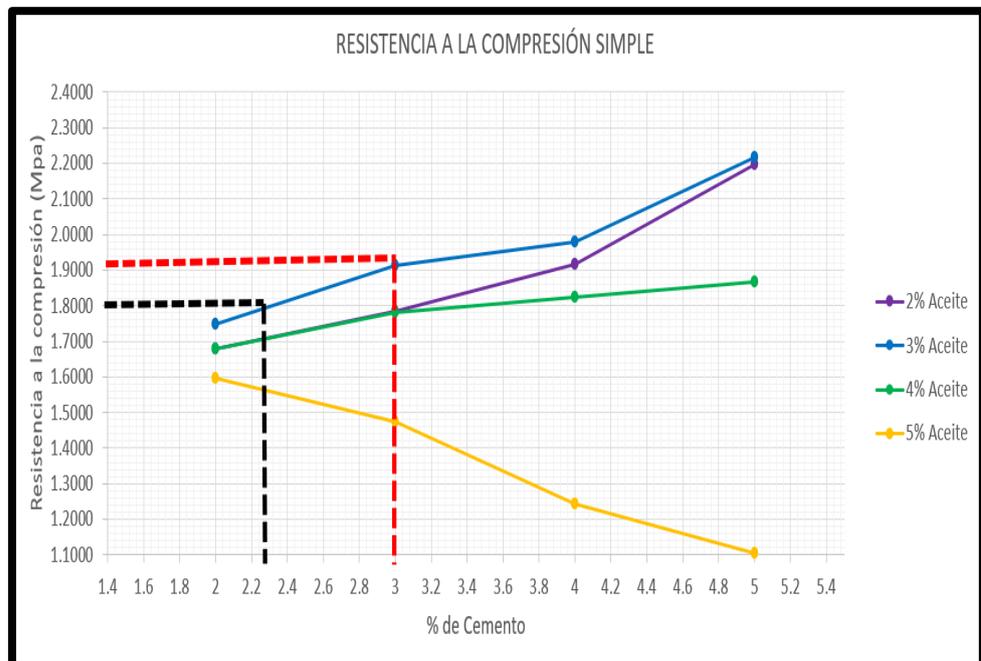


Figura 38. Analisis de Resistencia a la Compresión Simple.

Fuente: Propia.

4.1.12. Interpretación 6

- En la figura 34 de Resistencia a la compresión simple se observa que la muestra con la dosificación de aceite de motor al 2% mas cemento portlan tipo I al 4% tiene como resultado de 1.92 Mpa y la dosificación de aceite de motor al 2% mas cemento portlan tipo I al 5% tiene como resultado de 2.2 Mpa ambos resultados siendo superior a la resistencia mínima de 1.8 Mpa especificada en la tabla 7.
- En la figura 35 de Resistencia a la compresión simple se observa que la muestra con la dosificación de aceite de motor al 3% mas cemento portlan tipo I al 3% tiene como resultado de 1.91 Mpa, la dosificación de aceite de motor al 3% mas cemento portlan tipo I al 4% tiene como resultado de 1.98 Mpa y la dosificación de aceite de motor al 3% mas cemento portlan tipo I al 5% tiene como resultado de 2.22 Mpa, siendo estas tres muestras superiores a la resistencia mínima de 1.8 Mpa especificada en la tabla 7.
- En la figura 36 de Resistencia a la compresión simple se observa que la muestra con la dosificación de aceite de motor al 4% mas cemento portlan tipo I al 4% tiene como resultado de 1.82 Mpa y la dosificación de aceite de motor al 4% mas cemento portlan tipo I al 5% tiene como resultado de 1.87 Mpa, ambos resultados siendo ligeramente superior a la resistencia mínima de 1.8 Mpa especificada en la tabla 7.
- En la figura 37 de Resistencia a la compresión simple se observa que la muestra con la dosificación de aceite de motor al 5% mas cemento portlan tipo I al 2%, 3%, 4% y al 5%, no cumplen con la resistencia mínima de 1.8 Mpa para un suelo estabilizado.

- En la figura 38 de Resistencia a la compresión simple se observa en la curva de color azul que la intersección de resistencia mínima de 1.8 Mpa se tiene una cantidad de cemento de 2.26% con una dosificación de aceite de motor reciclado al 3%. Se considera un factor de seguridad la intersección de 3% de Cemento portland tipo I para una resistencia máxima de 1.92 Mpa siendo esta superior a lo especificado.

4.1.13. Discusión 7

- En los siguiente graficos se muestra los valores del ensayo Humedecimiento – Secado con la adición de Aceite de motor reciclado mas Cemento portland tipo I con las siguiente dosificación:

Para el ensayo de Humedecimiento – Secado se escogio los valores mas altos del ensayo de Resistencia a la compresión, sin embargo en la dosificación de 5% de aceite de motor para las dosificaciones de 2%, 3%, 4% y 5% de cemento se obtuvieron resultados de baja resistencia a la compresión simple. En el grupo de dosificación de aceite de motor al 2% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.

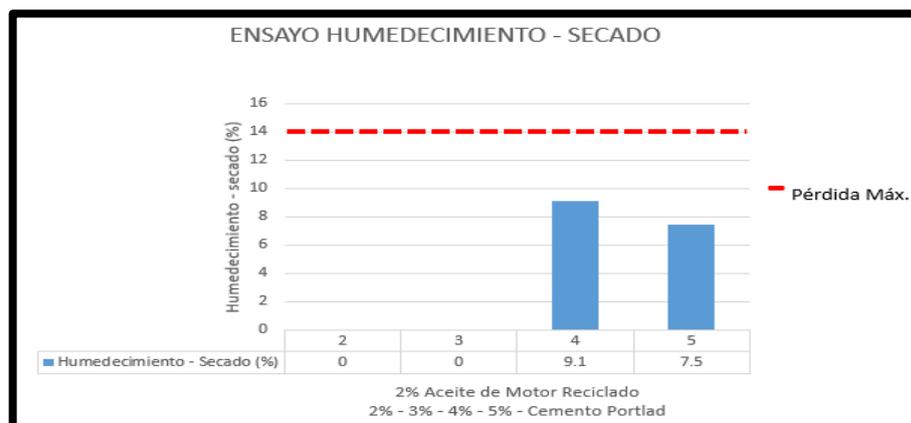


Figura 39. Analisis de Durabilidad (Humedecimiento – Secado) – al 2% de Aceite de motor

Fuente: Propia.

- En el grupo de dosificación de aceite de motor al 3% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.

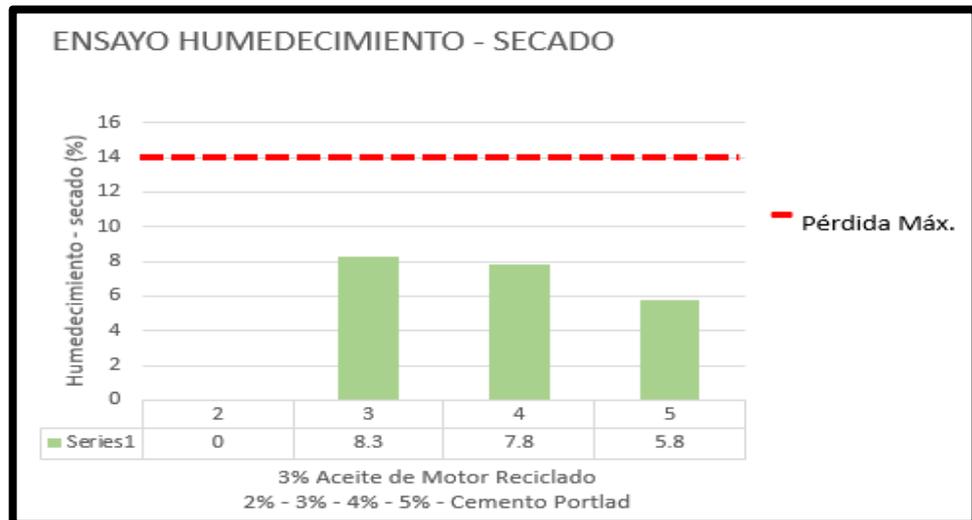


Figura 40. Analisis de Durabilidad (Humedecimiento – Secado) – al 3% de Aceite de motor

Fuente: Propia.

- En el grupo de dosificación de aceite de motor al 4% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.

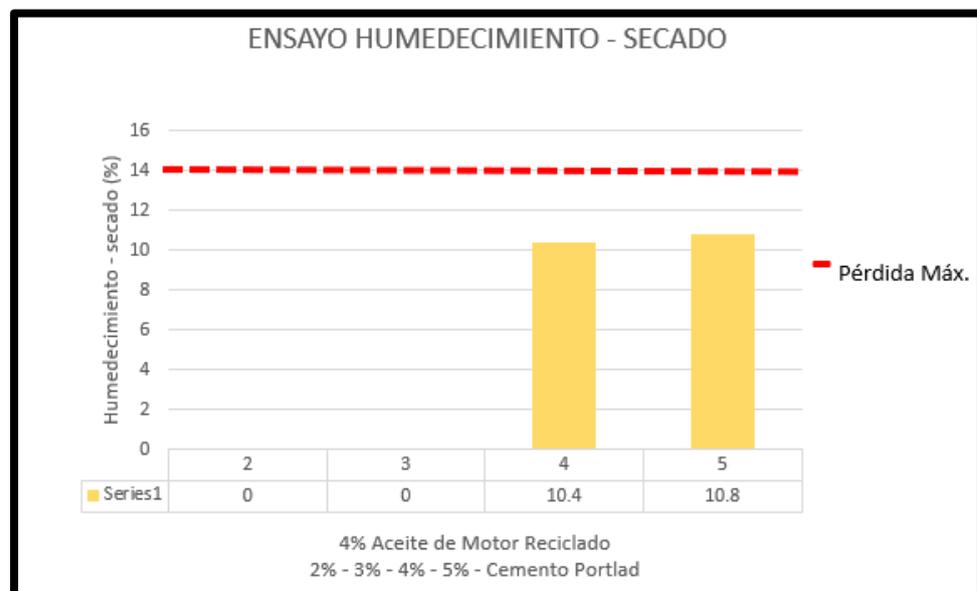


Figura 41. Analisis de Durabilidad (Humedecimiento – Secado) – al 4% de Aceite de motor

Fuente: Propia.

- En el grupo de dosificación de aceite de motor al 5% y cemento portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5%. A continuación se muestran los siguientes graficos.

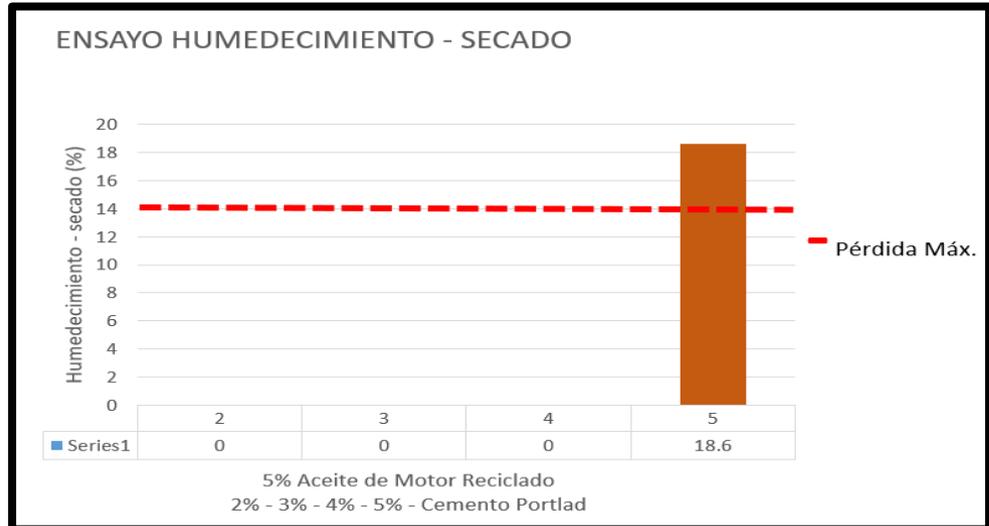


Figura 42. Analisis de Durabilidad (Humedecimiento – Secado) – al 5% de Aceite de motor

Fuente: Propia.

4.1.14. Interpretación 7

- En la figura 39 de Humedecimiento y Secado se tiene una perdida de durabilidad de 9.1% para la dosificación de 2% de aceite de motor mas 4% de Cemento portlad tipo I y una perdida de durabilidad de 7.5% para la dosificación de 2% de aceite de motor mas 5% de Cemento portlad tipo I.
- En la figura 40 de Humedecimiento y Secado se tiene una perdida de durabilidad de 8.3% para la dosificación de 3% de aceite de motor mas 3% de Cemento portlad tipo I, una perdida de durabilidad de 7.8% para la dosificación de 3% de aceite de motor mas 4% de Cemento portlad tipo I y una perdida de durabilidad de 5.8% para la dosificación de 3% de aceite de motor mas 5% de Cemento portlad tipo I.

- En la figura 41 de Humedecimiento y Secado se tiene una pérdida de durabilidad de 10.4% para la dosificación de 4% de aceite de motor mas 4% de Cemento portlad tipo I y una pérdida de durabilidad de 10.8% para la dosificación de 4% de aceite de motor mas 5% de Cemento portlad tipo I.
- En la figura 42 de Humedecimiento y Secado se tiene una pérdida de durabilidad de 18.6% para la dosificación de 5% de aceite de motor mas 5% de Cemento portlad tipo I.

4.2. Conclusiones

Como conclusiones relevantes en el estudio realizado se puede destacar las siguientes:

El material granular de la cantera San Vicente cumple en caracterización física y mecánica para un suelo estabilizado según los requisitos del Manual de Carreteras EG-2013 en los ensayos de Granulometría, Límite Líquido, Abrasión de los Angeles, Sulfato de Magnesio para Agregado Grueso y Sulfato de Magnesio para Agregado Fino.

El ensayo de Proctor modificado la dosificación para el 2% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% la Densidad Máxima aumenta significativamente con el incremento de porcentaje de cemento y el Óptimo contenido de Humedad disminuye significativamente al incremento de porcentaje de cemento.

El ensayo de Proctor modificado la dosificación para el 3% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% la Densidad Máxima aumenta significativamente con el incremento de porcentaje de cemento y el Óptimo contenido de Humedad tiene una variación impredecible en el 3% de cemento.

El ensayo de Proctor modificado la dosificación para el 4% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% la Densidad Maxima aumenta significativamente con el incremento de porcentaje de cemento, sin embargo para el porcentaje del 5% de Cemento la densidad máxima disminuye considerablemente y el Optimo contenido de Humedad disminuye significativamente, sin embargo para el porcentaje del 5% de Cemento el porcentaje de humedad aumenta significativamente.

El ensayo de Proctor modificado la dosificación para el 5% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% la Densidad Maxima disminuye considerablemente y el Optimo Contenido de Humedad aumenta significativamente.

La resistencia a la compresión simple para el 2% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% se tiene una resistencia máxima favorable de 1.92 Mpa al 4% de Cemento y una resistencia máxima favorable de 2.20 Mpa al 5% de Cemento cumpliendo la resistencia mínima de 1.8 Mpa.

La resistencia a la compresión simple para el 3% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% se tiene una resistencia máxima favorable de 1.91 Mpa al 3% de Cemento, una resistencia máxima favorable de 1.98 Mpa al 4% de Cemento y una resistencia máxima favorable de 2.22 Mpa al 5% de Cemento cumpliendo la resistencia mínima de 1.8 Mpa.

La resistencia a la compresión simple para el 4% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% se tiene una resistencia máxima favorable de 1.82 Mpa al 3% de Cemento y una resistencia máxima favorable de 1.87 Mpa al 5% de Cemento cumpliendo la resistencia mínima de 1.8 Mpa, sin embargo ambas resistencias están muy pegadas al mínimo especificado.

La resistencia a la compresión simple para el 5% Aceite de Motor Reciclado y cemento Portland Tipo I al 2%, 3%, 4% y 5% se tiene una resistencia máxima desfavorables para todas las dosificaciones, ya que no cumplen con la resistencia mínima de 1.8 Mpa según el manual de Carreteras EG-2013.

Como diseño final para un suelo estabilizado se tiene para una resistencia mínima de 1.8 Mpa una dosificación de Aceite de motor reciclado de 3% y una dosificación de Cemento Portland tipo I de 2.26% sin embargo estas proporciones en la mezcla pueden diferir en campo, es por eso que se considera un incremento de porcentaje de cemento hasta el 3% para garantizar una resistencia por encima de lo especificado.

La dosificación óptima de nuestra investigación dio como resultado los porcentajes para la mezcla de 3% de Aceite de Motor Reciclado y un 3% de Cemento Portland Tipo I, siendo esta una mejora en comparación con la dosificación del proyecto, ya que en su diseño de Suelo – Cemento tienen como dosificación del 6% de Cemento Portland Tipo I para la mezcla con el material de Cantera San Vicente véase Anexo 17 “Diseño de mezcla del Proyecto”. Esto mejora considerablemente la reducción de Cemento en un 3% viéndose como un ahorro económico para la obra. El Aceite de motor reciclado influye considerablemente en los porcentajes de cemento para el diseño, ya que por sus propiedades de viscosidad ligera repele el agua en la estructura de la muestra.

REFERENCIAS

- Abdeldjouad, Asadi, Nahazanan, Huat, Dheyab, & Elkhebu. (2019). efecto del contenido de arcilla en la estabilización de suelos alcalinos activados. *International Journal of Geosynthetics and Ground Engineering volume, 5(4)*. Obtenido de <https://link.springer.com/article/10.1007/s40891-019-0157-y#citeas>
- Aghazadeh, P., Kaya, D., Sengoz, B., & Topal, A. (2017). *Implementación de aceites usados con pavimento de asfalto recuperado*. Escuela de Graduados de ciencias naturales y aplicadas. Obtenido de https://avestia.com/CSEE2017_Proceedings/files/paper/ICSENM/ICSENM_142.pdf
- Alarcon, Jimenez, & Benitez. (2020). Estabilización de suelos mediante el uso de lodos aceitoso. *Revista Ingeniería de Construcción RIC, 35(1)*, 5-20. Obtenido de <https://www.scielo.cl/pdf/ric/v35n1/0718-5073-ric-35-01-5.pdf>
- Baloa, Arellano, Abreu, D., & Aguila. (2019). Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso. *Revista Matéria,, 24*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rmat/a/CSTNW5N5CNPWSnZ57LLZNdQ/?lang=es&format=pdf>
- Baloa, T., Arellano, C., De Abreu, J., & Aguila, I. (2019). Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso. *Scielo*. Obtenido de <https://www.scielo.br/j/rmat/a/CSTNW5N5CNPWSnZ57LLZNdQ/?lang=es>
- Baloa, T., Arellano, C., De Abreu, J., & Aguila, I. (2019). Aceite residual automotriz como aditivo en mezclas de hormigón: Si es factible su uso . *Scielo*. doi:<https://doi.org/10.1590/S1517-707620190002.0658>
- Betancourt, S. (2017). *Materiales para la construcción*. Obtenido de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/12418/Libro-MC.-S.-Betancourt.pdf>
- Boiero, A. (2020). *Sistema Unificado de Clasificación del Suelo (SUCS) en la Ingeniería Geotécnica*. Obtenido de <https://geo-webonline.com/sistema-unificado-de-clasificacion-del-suelo/>

- Carlos, C., Roberto, H., & Paul, G. (2018). *Teorías para calcular esfuerzos*. Sanfandila .
- Del Castillo, R., & Orobio, A. (2020). Investigación exploratoria sobre el efecto del aceite de motor usado en un suelo fino de subrasante. *Informes de la Construcción*, 72(558).
Obtenido de <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/6000/7275>
- Estrada, V. (2017). *Estudio y análisis de desempeño de mezcla asfáltica convencional PEN 85/100 plus y mezcla asfáltica modificada con polímero tipo SBS PG 70-28*. Repositorio Institucional Universidad Andina de Cusco. Obtenido de <https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/1057>
- Figuroa, A., & Fonseca, E. (2020). *Desempeño del pavimento con mezcla reciclada-RAP y grano de caucho reciclado-GCR*. Repositorio Institucional Universidad de Costa Rica. Obtenido de <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/41205>
- Gonzales, D., Melo, O., & Rodriguez, J. (2019). *Comportamiento de mezclas asfálticas con pavimento reciclado y aceite usado de motor como rejuvenecedor*. Repositorio Institucional Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/handle/20.500.12494/8329>
- Jalanoca Ccama, F. (2021). *Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021*. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12692/63844>
- Jones, R. (2018). *studio de alternativas de mejoramiento de suelos en sector sur del puerto de San Antonio*. Santiago de Chile: Universidad de Chile. Obtenido de <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/168278>
- Laupa, A. (2021). *Aplicación de aceite usado de vehículos para mejorar las propiedades de la mezcla asfáltica en la Av. Naranjal, Lima 2021*. Repositorio Digital Institucional Universidad César Vallejo. Obtenido de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/81645>
- Martínez Herrera, C. (2021). *Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente*. Ambato, Ecuador. Obtenido

de

<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/33093/1/Tesis%20I.%20C.%201489%20-%20Martinez%20Herrera%20Carlos%20Jefferson.pdf>

Martínez, C. (2021). *Efectos de la adición de aceite usado de motor en las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas en caliente*. Repositorio Institucional Universidad técnica de Ambato, Ambato, Ecuador. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/bitstream/123456789/33093/1/Tesis%20I.%20C.%201489%20-%20Martinez%20Herrera%20Carlos%20Jefferson.pdf>

Moncayo Basante, J. (2018). Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/16331/CB0577886.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Montealegre, F., Varon, G., & Ramos, L. (2018). *Impacto del aceite quemado de motor en las propiedades físicas y mecánicas de las mezclas asfálticas que contienen pavimento asfáltico recuperado RAP*. Repositorio Institucional de la Universidad Cooperativa de Colombia. Obtenido de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/6189/1/2018_Montealegre%20CVaronyRamos_Impacto_del_aceite.pdf

Núñez, & Patin. (2018). *Reciclado de aceite quemado de vehículo en la estabilización de suelos arenosos*. Riobamba: UNACH. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/5156>

Núñez, & Rodas. (2015). Quito: Universidad Central del Ecuador. Obtenido de <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/5426>

Patín Patín, Á. (2018). *Reciclado de aceite quemado de vehículo en la estabilización de suelos Arenosos*. Obtenido de UNACH-EC-ING-CIVIL-2018-0026.pdf

Reyes, A. (2020). *Mejoramiento de suelos granulares mediante el uso de columnas de grava*. Lima: PUCP. Obtenido de <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/17367>

Rivera, Aguirre, Mejia, & Orobio. (2020). Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente. *Informador Técnico*, 82(4), 202-226.

Obtenido de

https://pdfs.semanticscholar.org/70e6/003e288d61cea6975c838d4459fe66ad80ef.pdf?_ga=2.158224954.1256827107.1674226122-1223790776.1674226122

Santa Cruz Buendia, M. (2018). Efectos del Aceite Quemado en las Propiedades Mecánicas del Suelo Cohesivo, Satipo, Junin. Obtenido de <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/795>

Tuscano, M. (2017). “ESTABILIZACIÓN DE SUBRASANTE MEDIANTE EL USO DE ACEITE RECICLADO EN CARRETERA, CIRCUITO CRUZ DE PAZ PALLAN - EL TAMBO – HUANCAYO 2017”. Huancayo: UAP. Obtenido de https://repositorio.uap.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12990/7027/Tesis_Estabilizaci%c3%b3n_Subrasante_Aceite.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valeriano, W., & Catacora, A. (2017). *Comportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca*. Repositorio Institucional Universidad Nacional del Altiplano de Perú. Obtenido de <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3275832?show=full>

Villanueva, D. (2022). *La adición del aceite residual automotriz mejora la estabilización de la subrasante de la carretera afirmada Dv. Chirinos-Chirinos*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

ANEXOS

ANEXO N°1. Ensayo de Materiales Adicionando 2% de Aceite de Motor

Reciclado más 2% Cemento Portlant Tipo I

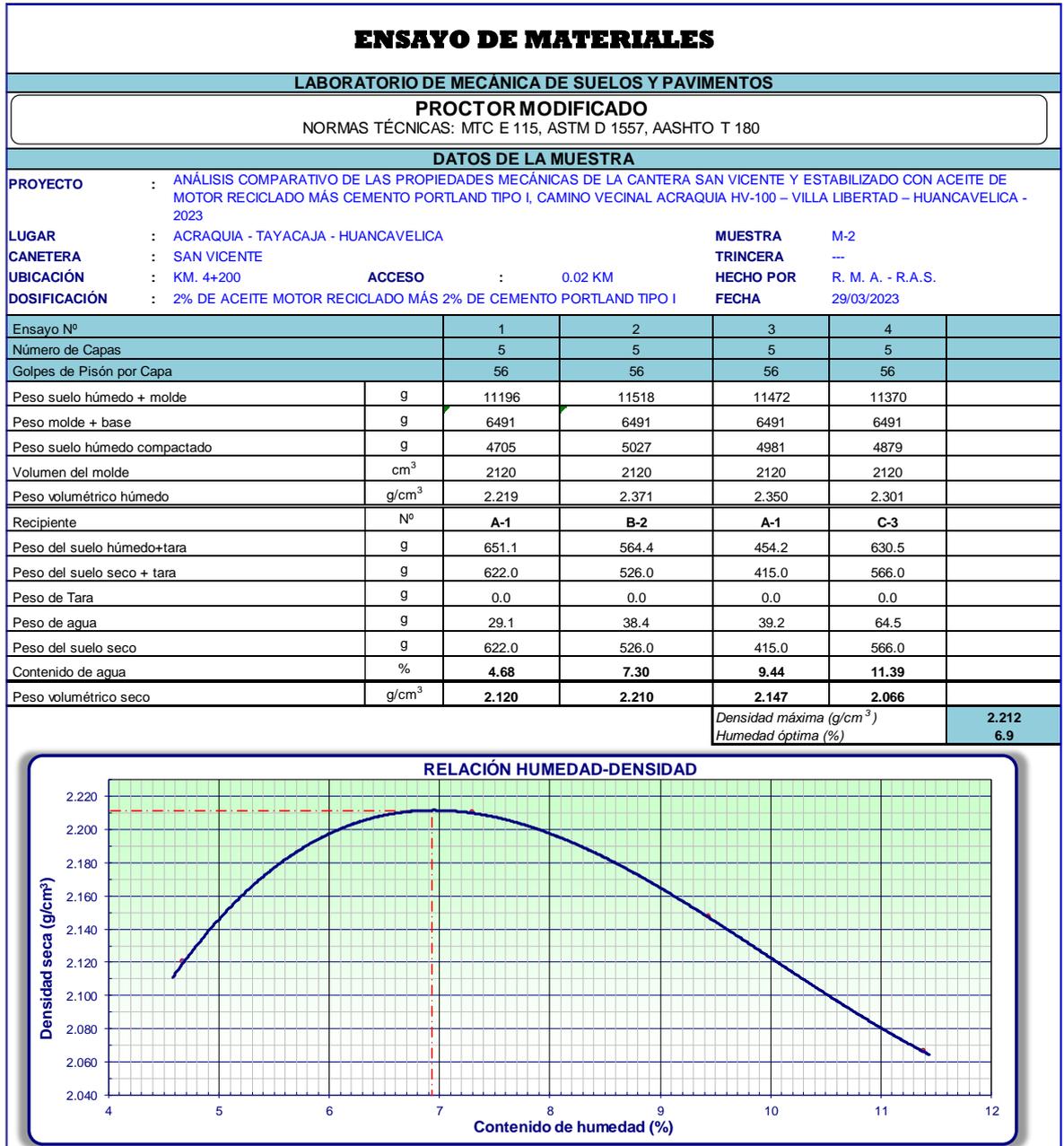


Figura 43. Proctor Modificado al 2% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, LUGAR : CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023 CANETERA : SAN VICENTE UBICACIÓN : KM. 4+200 DOSIFICACIÓN : 2% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 2% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I													
MUESTRA : M-2 TRINCERA : -- HECHO POR : R. M. A. - R.A.S. FECHA : 05/04/2023													
ACCESO : 0.02 KM													
DATOS DE MOLDE													
Nº de Molde	=	1	Densidad máxima (g/cm3)	=	2.212								
Volumen del Molde (cm3)	=	942	Humedad óptima (%)	=	6.9								
Peso del Molde (g)	=	3909	Contenido de Cemento (%)	=	2								
			Contenido de Aceite (%)	=	2								
Nº CÓDIGO	Ensayo	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara	Peso de agua	Peso del suelo seco	Contenido de agua	Densidad seca	Peso Unitario seco
1		10.15	6137	2227.6	2.365	510.8	478.0	0.0	32.8	478.0	6.87	2.213	20.107
2		10.15	6135	2226.0	2.363	389.7	365.0	0.0	24.7	365.0	6.78	2.213	20.110
3		10.15	6136	2227.5	2.365	547.3	512.0	0.0	35.3	512.0	6.90	2.212	20.100
4		10.15	6137	2228.1	2.365	540.0	505.0	0.0	35.0	505.0	6.93	2.212	20.100
5		10.15	6135	2226.2	2.363	575.6	539.0	0.0	36.6	539.0	6.79	2.213	20.110
6		10.15	6137	2228.1	2.365	610.3	571.0	0.0	39.3	571.0	6.88	2.213	20.110
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia Mínima	CUMPLE	Promedio
Nº CÓDIGO	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	KN	cm ²	kgf/cm ²	lbfr/in ²	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	SI - NO	
1	29/03/2023	05/04/2023	7	1367.0	80.91	17.14	243.81	1.681	1.80	1.681	1.80	No Cumple	1.678
2	29/03/2023	05/04/2023	7	1386.2	80.91	17.13	243.66	1.680	1.80	1.680	1.80	No Cumple	
3	29/03/2023	05/04/2023	7	1384.5	80.91	17.11	243.37	1.678	1.80	1.678	1.80	No Cumple	
4	29/03/2023	05/04/2023	7	1384.5	80.91	17.11	243.37	1.678	1.80	1.678	1.80	No Cumple	
5	29/03/2023	05/04/2023	7	1382.9	80.91	17.09	243.08	1.676	1.80	1.676	1.80	No Cumple	
6	29/03/2023	05/04/2023	7	1383.7	80.91	17.10	243.23	1.677	1.80	1.677	1.80	No Cumple	

Figura 44. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo – Cemento, al 2% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°2. Ensayo de Materiales Adicionando 2% de Aceite de Motor Reciclado más 3% Cemento Portland Tipo I

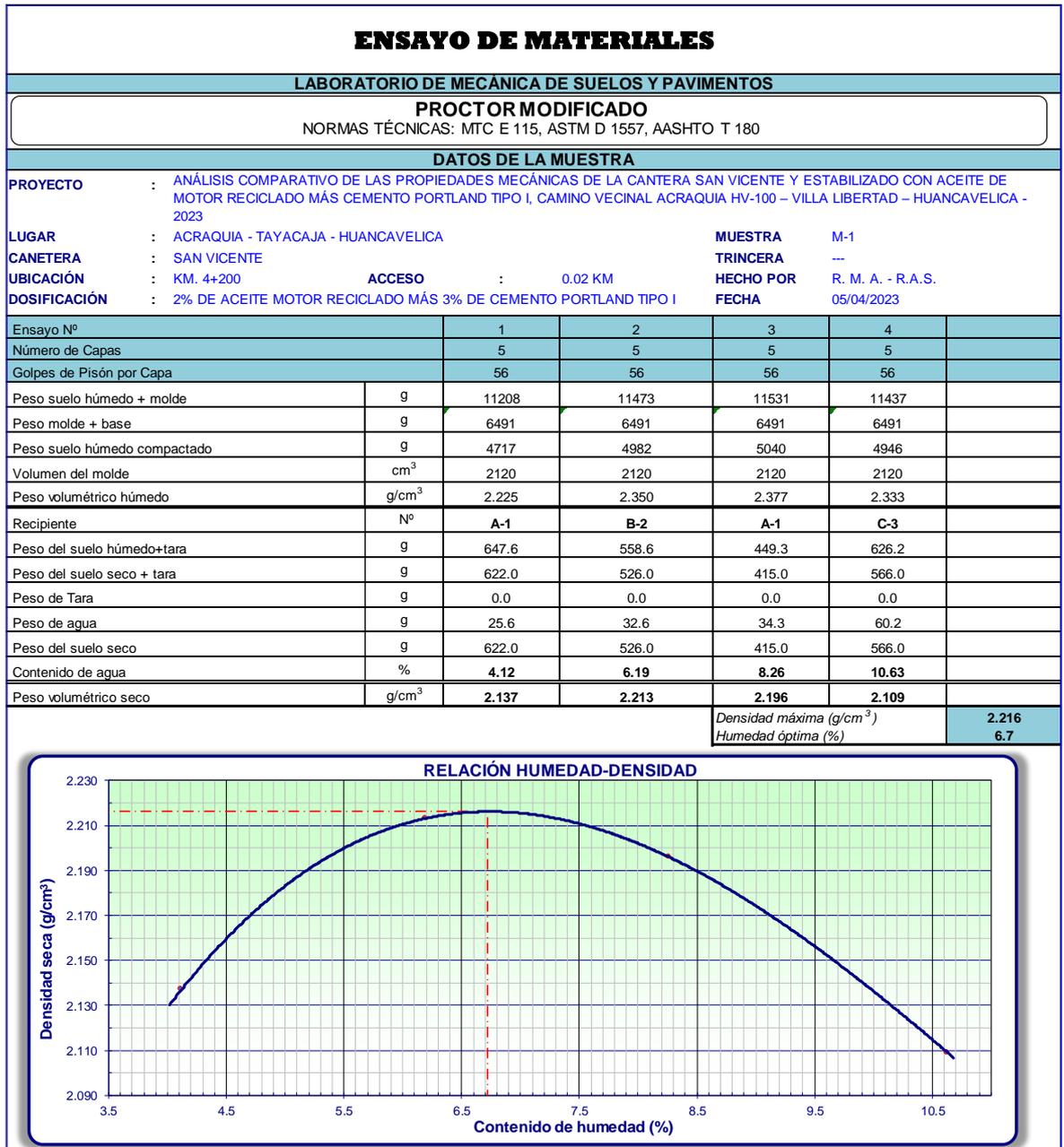


Figura 45. Proctor Modificado al 2% (A.M.R.) más 3% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°3. Ensayo de Materiales Adicionando 2% de Aceite de Motor Reciclado más 4% Cemento Portlant Tipo I

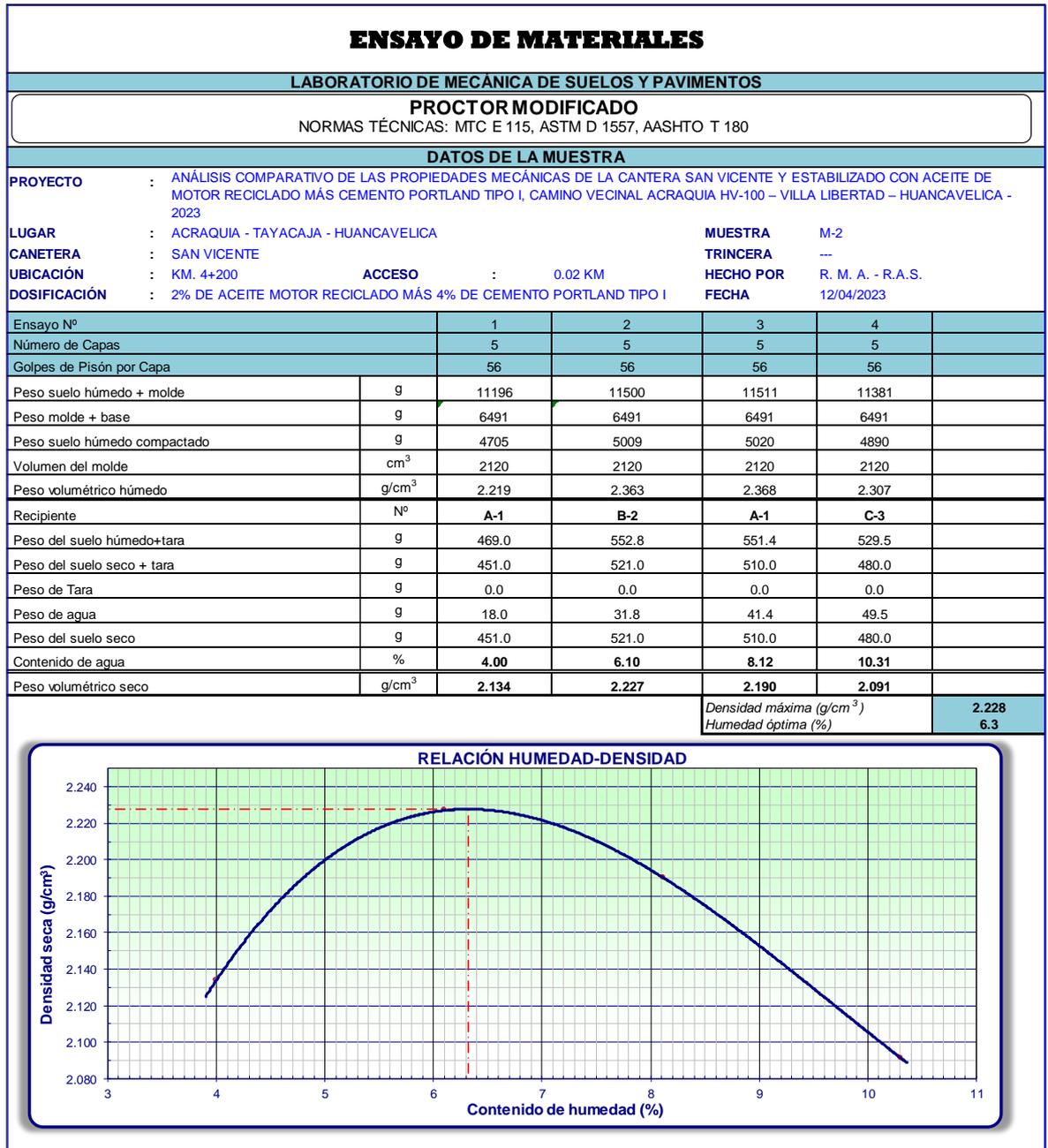


Figura 47. Proctor Modificado al 2% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO																	
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633																	
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS																	
DATOS DE LA MUESTRA																	
PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023 LUGAR : ACRAQUIA - TAYACAÑA - HUANCVELICA CANTERA : SAN VICENTE UBICACIÓN : KM. 4+200 DOSIFICACIÓN : 2% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I																	
MUESTRA : M-2 TRINCERA : --- HECHO POR : R. M. A. - R.A.S. FECHA : 19/04/2023																	
ACCESO : 0.02 KM																	
DATOS DE MOLDE																	
Nº de Molde	= 1																
Volumen del Molde (cm ³)	= 942																
Peso del Molde (g)	= 3909																
DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³) = 2.228 HUMEDAD ÓPTIMA (%) = 6.3 CONTENIDO DE CEMENTO (%) = 4 CONTENIDO DE ACEITE (%) = 2																	
Ensayo	Nº CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Fecha de Rotura	Fecha de Moldeo	Edad	Carga	Densidad húmeda	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara	Peso de agua	Peso del suelo seco	Contenido de agua	Densidad seca	Peso Unitario seco	
1	10.15	6137	2228.4	277.4	2.366	261.0	16.4	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226
2	10.15	6142	2232.6	159.5	2.370	150.0	9.5	2.229	2.229	2.229	2.229	2.229	2.229	2.229	2.229	2.229	2.229
3	10.15	6124	2215.3	335.2	2.352	315.0	20.2	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210	2.210
4	10.15	6137	2228.4	213.6	2.366	201.0	12.6	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226	2.226
5	10.15	6138	2229.3	191.2	2.367	180.0	11.2	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228	2.228
6	10.15	6121	2212.5	176.7	2.349	166.0	10.7	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207	2.207
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Densidad húmeda	Peso suelo húmedo+tara	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	CUMPLE	Promedio	
1	DD/MM/AAAA 12/04/2023	DD/MM/AAAA 19/04/2023	Días 7	KN 15.49	kgf 1580.0	cm ² 80.91	cm ² 80.91	lb/in ² 277.75	Mpa 1.80	Mpa 1.915	Mpa 1.915	Mpa 1.80	Mpa 1.80	Mpa 1.80	SI - NO Si Cumple	1.918	
2	12/04/2023	19/04/2023	7	15.53	1583.3	80.91	80.91	278.33	1.80	1.919	1.919	1.80	1.80	1.80	Si Cumple	1.918	
4	12/04/2023	19/04/2023	7	15.54	1584.2	80.91	80.91	278.47	1.80	1.920	1.920	1.80	1.80	1.80	Si Cumple	1.918	
5	12/04/2023	19/04/2023	7	15.50	1580.9	80.91	80.91	277.89	1.80	1.916	1.916	1.80	1.80	1.80	Si Cumple	1.918	
6																	

Observaciones: Método de Ensayo "A"
 * El resultado es muy disperso para realizar el promedio

Figura 48. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo – Cemento, al 2% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA						MUESTRA	M-1					
CANETERA	SAN VICENTE						TRINCERA	1					
UBICACIÓN	KM. 4+200		ACCESO	0.02 KM			HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.					
MATERIAL	MATERIAL GRANULAR						FECHA	12/04/2023					
DOSIFICACIÓN	2% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
Fecha de inicio de curado	12/04/2023		Peso Unitario	2.228		Clasificación del suelo según AASHTO			Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)				
Fecha final de curado	19/04/2023		% de Humedad	6.32		A-1 / A-3			1.5				
Peso del espécimen	2204.8 g		P. espécimen Calculado	2073.8		A-2			2.5				
Ø prom.	10.15 mm					A-4 / A-5			3.0				
h prom.	11.60 mm					A-6 / A-7			3.5				
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.			
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g
1	09:25	14:25	2220.8	10.15	10.60	19/04/2023 14:35	21/04/2023 08:35	2209.0	---	---	2202.6	---	---
2	09:35	14:35	2219.6	---	---	21/04/2023 14:45	23/04/2023 08:45	2201.2	---	---	2194.0	---	---
3	09:45	14:45	2213.0	---	---	23/04/2023 14:55	25/04/2023 08:55	2192.6	---	---	2184.5	---	---
4	09:55	14:55	2205.5	---	---	25/04/2023 15:05	27/04/2023 09:05	2180.8	---	---	2169.8	---	---
5	10:05	15:05	2192.8	---	---	27/04/2023 15:15	29/04/2023 09:15	2168.0	---	---	2156.0	---	---
6	10:15	15:15	2180.0	---	---	29/04/2023 15:25	01/05/2023 09:25	2153.5	---	---	2139.9	---	---
7	10:25	15:25	2157.9	---	---	01/05/2023 15:35	03/05/2023 09:35	2140.1	---	---	2127.6	---	---
8	10:35	15:35	2153.6	---	---	03/05/2023 15:45	05/05/2023 09:45	2126.3	---	---	2113.4	---	---
9	10:45	15:45	2137.4	---	---	05/05/2023 15:55	07/05/2023 09:55	2112.3	---	---	2099.2	---	---
10	10:55	15:55	2122.2	---	---	07/05/2023 16:05	09/05/2023 10:05	2098.2	---	---	2085.0	---	---
11	11:05	16:05	2105.0	---	---	09/05/2023 16:15	11/05/2023 10:15	2082.5	---	---	2067.8	---	---
12	11:15	16:15	2089.8	---	---	11/05/2023 16:25	13/05/2023 10:25	2065.8	---	---	2050.2	---	1932.0
Peso seco al Horno corregido			1884.9 g										
Pérdida de suelo-cemento			9%										
Resultado				Suelo por estabilizar				Pérdida máxima (%)				Cumple	
9%				A-2-4				14				Si	

Figura 49. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento., al 2% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°4. Ensayo de Materiales Adicionando 2% de Aceite de Motor Reciclado más 5% Cemento Portland Tipo I

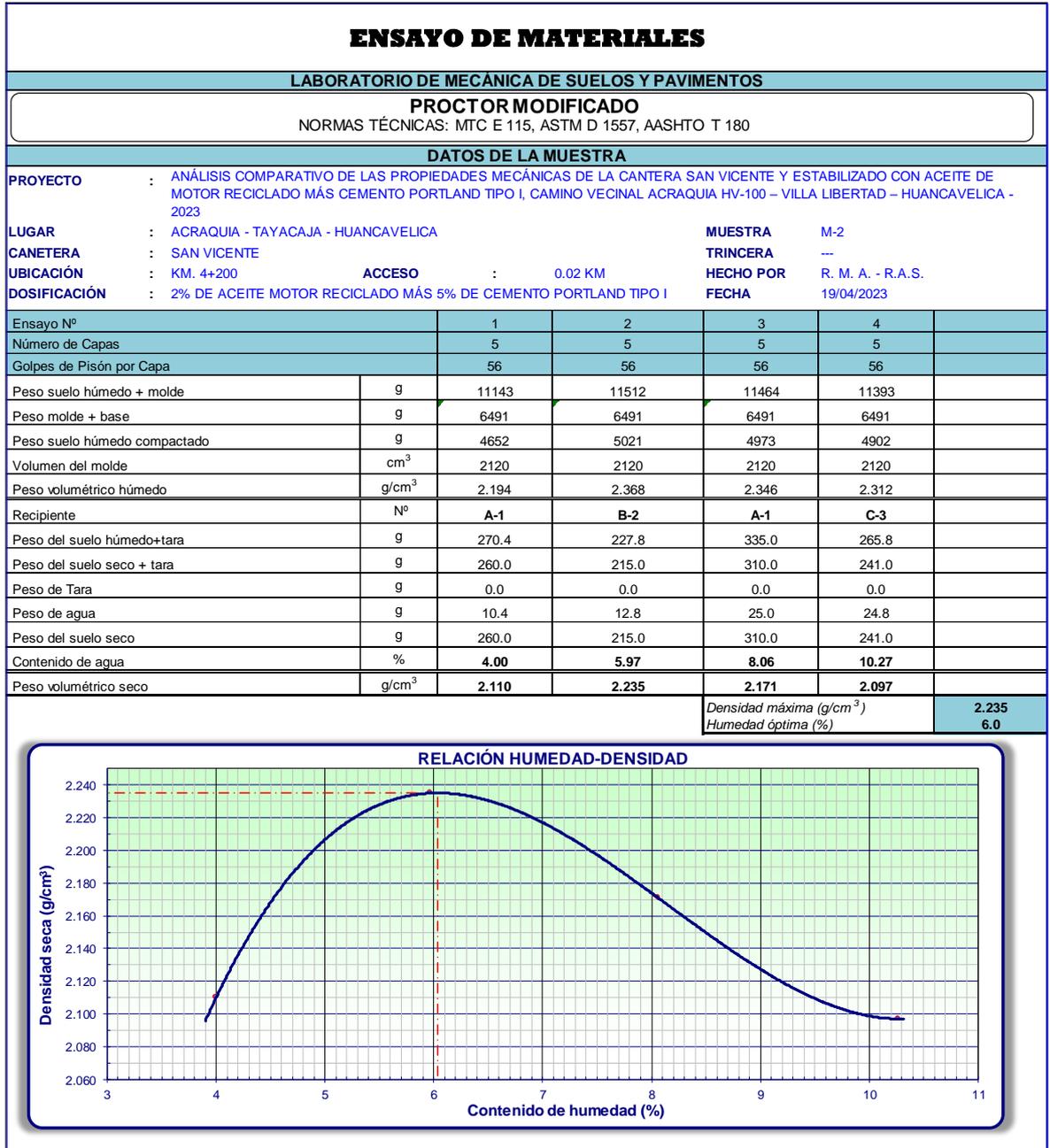


Figura 50. Proctor Modificado, al 2% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA						MUESTRA	M-1					
CANETERA	SAN VICENTE						TRINCERA	1					
UBICACIÓN	KM. 4+200		ACCESO		0.02 KM		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.					
MATERIAL	MATERIAL GRANULAR												
DOSIFICACIÓN	2% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
Fecha de inicio de curado	19/04/2023			Peso Unitario	2.235			Clasificación del suelo según AASHTO			Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)		
Fecha final de curado	26/04/2023			% de Humedad	6.04			A-1 / A-3			1.5		
Peso del espécimen	2211.5 g			P. espécimen Calculado	2085.6			A-2			2.5		
Ø prom.	10.15 mm							A-4 / A-5			3.0		
h prom.	11.60 mm							A-6 / A-7			3.5		
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.			
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g
1	10:20	15:20	2226.5	10.15	10.60	26/04/2023 15:30	28/04/2023 09:30	2212.8	---	---	2204.2	---	---
2	10:30	15:30	2220.2	---	---	28/04/2023 15:40	30/04/2023 09:40	2202.7	---	---	2193.2	---	---
3	10:40	15:40	2210.2	---	---	30/04/2023 15:50	02/05/2023 09:50	2192.5	---	---	2182.9	---	---
4	10:50	15:50	2201.9	---	---	02/05/2023 16:00	04/05/2023 10:00	2183.1	---	---	2174.3	---	---
5	11:00	16:00	2194.3	---	---	04/05/2023 16:10	06/05/2023 10:10	2172.9	---	---	2163.3	---	---
6	11:10	16:10	2186.3	---	---	06/05/2023 16:20	08/05/2023 10:20	2164.4	---	---	2156.5	---	---
7	11:20	16:20	2177.7	---	---	08/05/2023 16:30	10/05/2023 10:30	2155.2	---	---	2146.5	---	---
8	11:30	16:30	2173.5	---	---	10/05/2023 16:40	12/05/2023 10:40	2145.6	---	---	2136.6	---	---
9	11:40	16:40	2166.8	---	---	12/05/2023 16:50	14/05/2023 10:50	2138.0	---	---	2130.9	---	---
10	11:50	16:50	2159.4	---	---	14/05/2023 17:00	16/05/2023 11:00	2127.7	---	---	2118.0	---	---
11	12:00	17:00	2147.8	---	---	16/05/2023 17:10	18/05/2023 11:10	2116.8	---	---	2106.6	---	---
12	12:10	17:10	2134.1	---	---	18/05/2023 17:20	20/05/2023 11:20	2107.7	---	---	2099.1	---	1978.0
Peso seco al Horno corregido			1929.8 g										
Pérdida de suelo-cemento			7%										
Resultado				Suelo por estabilizar				Pérdida máxima (%)				Cumple	
7%				A-2-4				14				Si	

Figura 52. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 2% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°5. Ensayo de Materiales Adicionando 3% de Aceite de Motor Reciclado más 2% Cemento Portland Tipo I

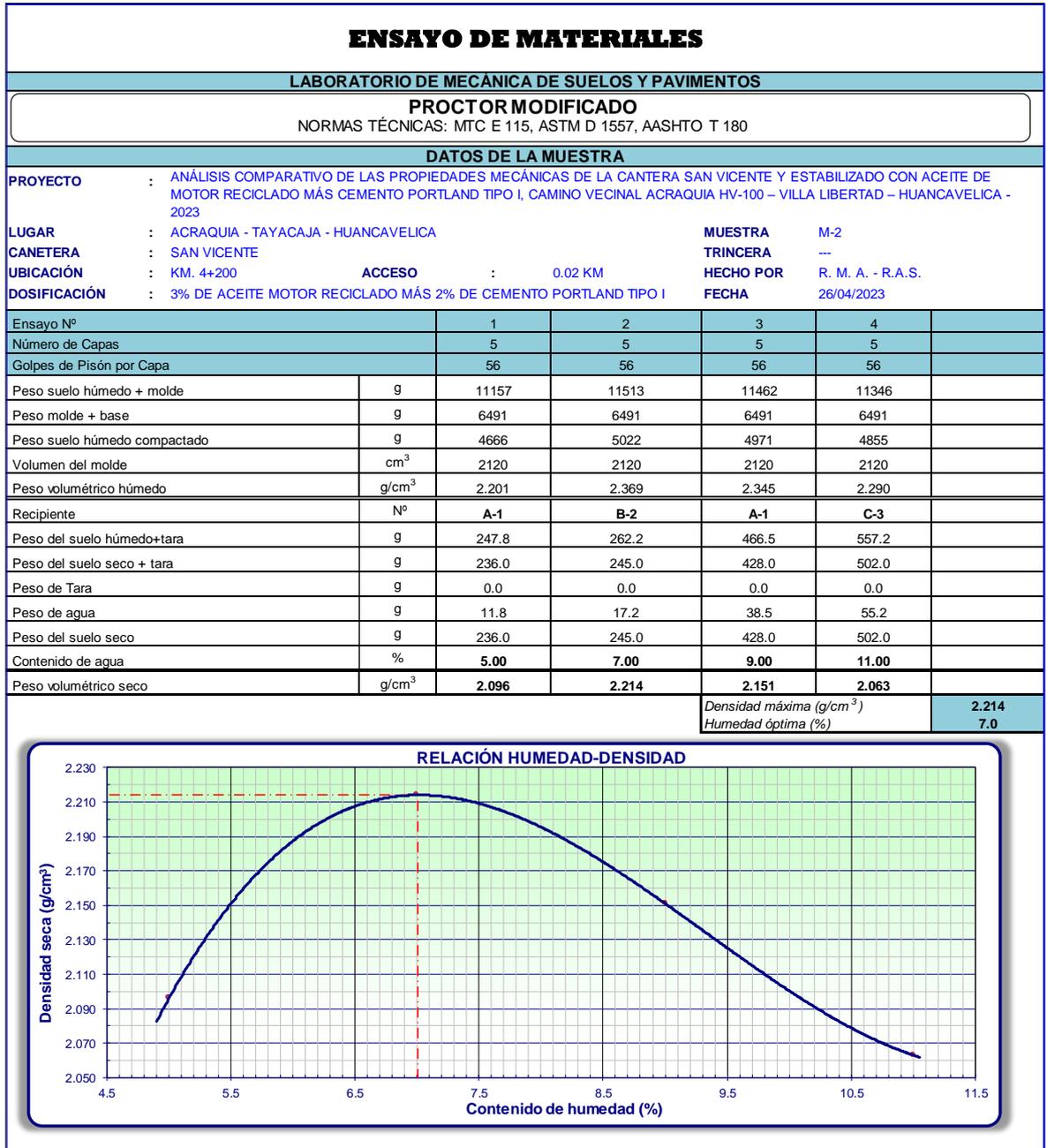


Figura 53. Proctor Modificado, al 3% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO		NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633											
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I,												
LUGAR	CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
CANTERA	ACRAQUIA - TAYACAJA - SAN VICENTE	MUESTRA	M-2										
UBICACIÓN	KM. 4+200	TRINCERA	---										
DOSIFICACIÓN	3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 2% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I	HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.										
		FECHA	03/05/2023										
ACCESO : 0.02 KM													
DATOS DE MOLDE													
N° de Molde	=	1	Densidad máxima (g/cm3)	=	2.214								
Volumen del Molde (cm3)	=	942	Humedad óptima (%)	=	7.0								
Peso del Molde (g)	=	3909	Contenido de Cemento (%)	=	2								
			Contenido de Aceite (%)	=	3								
DATOS DE MUESTRA													
Ensayo	N° CÓDIGO	Dímetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda g/cm ³	Peso suelo húmedo+Hara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara g	Peso de agua g	Peso del suelo seco g	Contenido de agua %	Densidad seca g/cm ³	Peso Unitario seco kN/m ³
1	10.15	6142	2232.9	2.370	122.1	114.0	0.0	8.1	114.0	7.11	2.213	20.110	
2	10.15	6142	2232.9	2.370	129.7	121.0	0.0	8.7	121.0	7.16	2.212	20.100	
3	10.15	6142	2233.0	2.370	145.5	136.0	0.0	9.5	136.0	7.02	2.215	20.128	
4	10.15	6144	2234.6	2.372	150.9	141.0	0.0	9.9	141.0	7.00	2.217	20.146	
5	10.15	6144	2235.2	2.373	133.7	125.0	0.0	8.7	125.0	6.98	2.218	20.155	
6	10.15	6143	2233.9	2.371	199.8	187.0	0.0	12.8	187.0	6.87	2.219	20.164	
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Carga	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Promedio
1	DD/MM/AAAA 26/04/2023	DD/MM/AAAA 03/05/2023	Días 7	KN 14.14	kgf 1441.4	kgf/cm ² 17.81	lb/in ² 253.38	Mpa 1.747	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	CUMPLE	1.749	
2	DD/MM/AAAA 26/04/2023	DD/MM/AAAA 03/05/2023	Días 7	KN 14.10	kgf 1438.1	kgf/cm ² 17.77	lb/in ² 252.80	Mpa 1.743	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	CUMPLE	1.749	
3	DD/MM/AAAA 26/04/2023	DD/MM/AAAA 03/05/2023	Días 7	KN 14.18	kgf 1446.4	kgf/cm ² 17.88	lb/in ² 254.25	Mpa 1.753	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	CUMPLE	1.749	
4	DD/MM/AAAA 26/04/2023	DD/MM/AAAA 03/05/2023	Días 7	KN 14.15	kgf 1443.1	kgf/cm ² 17.83	lb/in ² 253.67	Mpa 1.749	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	CUMPLE	1.749	
5	DD/MM/AAAA 26/04/2023	DD/MM/AAAA 03/05/2023	Días 7	KN 14.17	kgf 1444.7	kgf/cm ² 17.86	lb/in ² 253.96	Mpa 1.751	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	CUMPLE	1.749	
6	DD/MM/AAAA 26/04/2023	DD/MM/AAAA 03/05/2023	Días 7	KN 14.18	kgf 1446.4	kgf/cm ² 17.88	lb/in ² 254.25	Mpa 1.753	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	CUMPLE	1.749	

Observaciones: Método de Ensayo "A"
* El resultado es muy disperso para realizar el promedio

Figura 54. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo – Cemento, al 3% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°6. Ensayo de Materiales Adicionando 3% de Aceite de Motor

Reciclado más 3% Cemento Portlant Tipo I

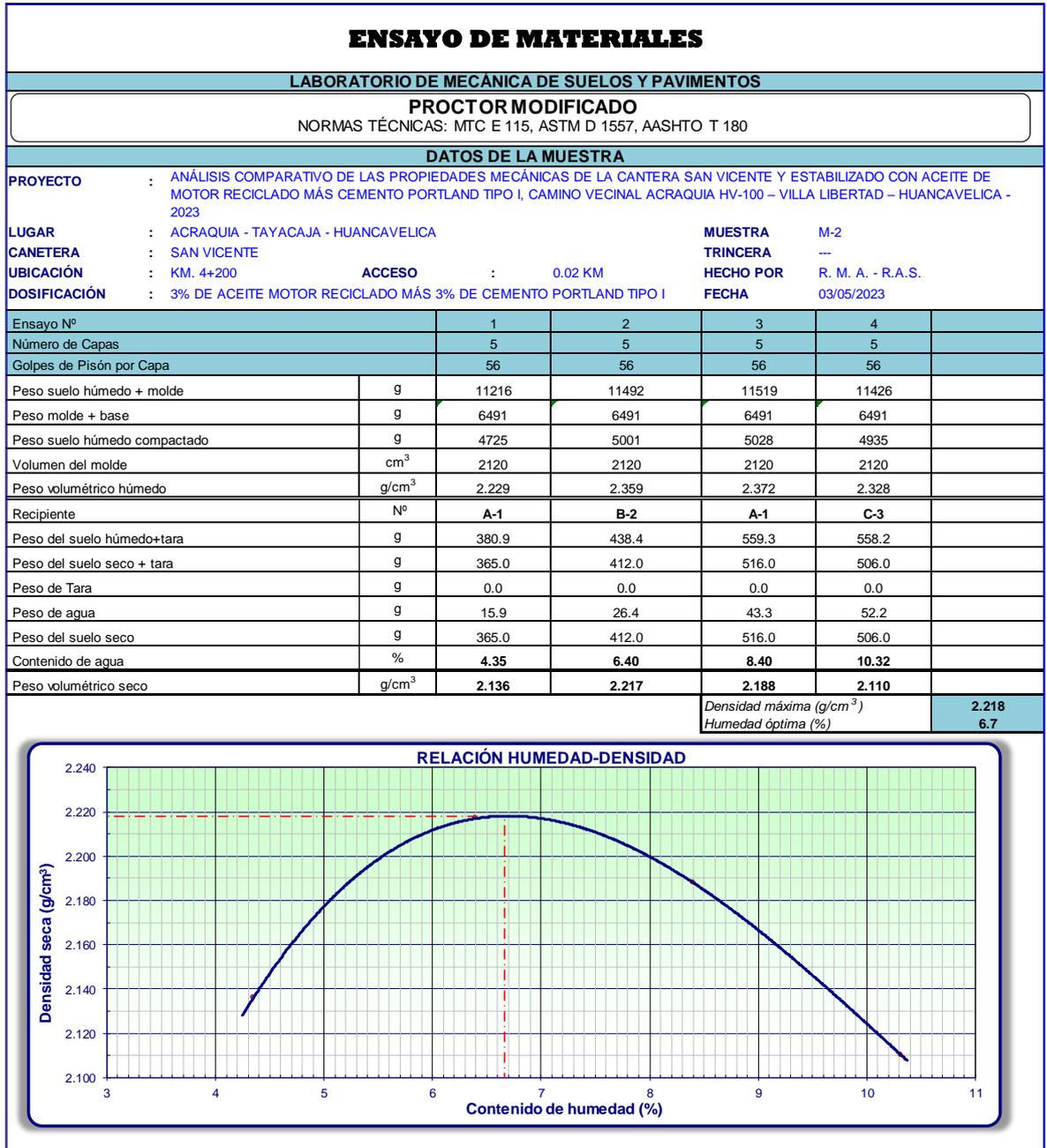


Figura 55. Proctor Modificado, al 3% (A.M.R.) más 3% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA						MUESTRA	M-1					
CANETERA	SAN VICENTE						TRINCERA	1					
UBICACIÓN	KM. 4+200		ACCESO	0.02 KM		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.						
MATERIAL	MATERIAL GRANULAR												
DOSIFICACIÓN	3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 3% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
Fecha de inicio de curado	03/05/2023		Peso Unitario	2.218		Clasificación del suelo según AASHTO			Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)				
Fecha final de curado	10/05/2023		% de Humedad	6.67		A-1 / A-3			1.5				
Peso del espécimen	2196.1 g		P. espécimen Calculado	2058.9		A-2			2.5				
Ø prom.	10.15 mm					A-4 / A-5			3.0				
h prom.	11.60 mm					A-6 / A-7			3.5				
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.			
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g
1	11:10	16:10	2215.1	10.15	10.60	10/05/2023 16:20	12/05/2023 10:20	2197.2	---	---	2187.5	---	
2	11:20	16:20	2202.5	---	---	12/05/2023 16:30	14/05/2023 10:30	2186.1	---	---	2175.8	---	
3	11:30	16:30	2192.8	---	---	14/05/2023 16:40	16/05/2023 10:40	2174.1	---	---	2162.9	---	
4	11:40	16:40	2182.9	---	---	16/05/2023 16:50	18/05/2023 10:50	2163.8	---	---	2154.2	---	
5	11:50	16:50	2175.2	---	---	18/05/2023 17:00	20/05/2023 11:00	2153.3	---	---	2143.5	---	
6	12:00	17:00	2162.5	---	---	20/05/2023 17:10	22/05/2023 11:10	2141.9	---	---	2131.3	---	
7	12:10	17:10	2149.3	---	---	22/05/2023 17:20	24/05/2023 11:20	2131.0	---	---	2120.8	---	
8	12:20	17:20	2137.8	---	---	24/05/2023 17:30	26/05/2023 11:30	2121.6	---	---	2112.8	---	
9	12:30	17:30	2135.8	---	---	26/05/2023 17:40	28/05/2023 11:40	2111.5	---	---	2102.1	---	
10	12:40	17:40	2132.1	---	---	28/05/2023 17:50	30/05/2023 11:50	2100.5	---	---	2090.2	---	
11	12:50	17:50	2118.2	---	---	30/05/2023 18:00	01/06/2023 12:00	2089.4	---	---	2079.1	---	
12	13:00	18:00	2108.1	---	---	01/06/2023 18:10	03/06/2023 12:10	2076.2	---	---	2063.9	---	1935.0
Peso seco al Horno corregido			1887.8 g										
Pérdida de suelo-cemento			8%										
Resultado				Suelo por estabilizar				Pérdida máxima (%)				Cumple	
8%				A-2-4				14				Si	

Figura 57. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 3% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°7. Ensayo de Materiales Adicionando 3% de Aceite de Motor Reciclado más 4% Cemento Portland Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023			
LUGAR	:	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA		MUESTRA	M-2
CANTERA	:	SAN VICENTE		TRINCERA	---
UBICACIÓN	:	KM. 4+200	ACCESO	:	0.02 KM
DOSIFICACIÓN	:	3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.
				FECHA	10/05/2023
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	11294	11488	11598	11545
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491
Peso suelo húmedo compactado	g	4803	4997	5107	5054
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	2.266	2.357	2.409	2.384
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3
Peso del suelo húmedo+tara	g	518.5	552.8	513.9	571.6
Peso del suelo seco + tara	g	501.0	524.0	478.0	522.0
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	17.5	28.8	35.9	49.6
Peso del suelo seco	g	501.0	524.0	478.0	522.0
Contenido de agua	%	3.50	5.50	7.50	9.50
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.189	2.234	2.241	2.177
Densidad máxima (g/cm ³)					2.245
Humedad óptima (%)					6.8

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

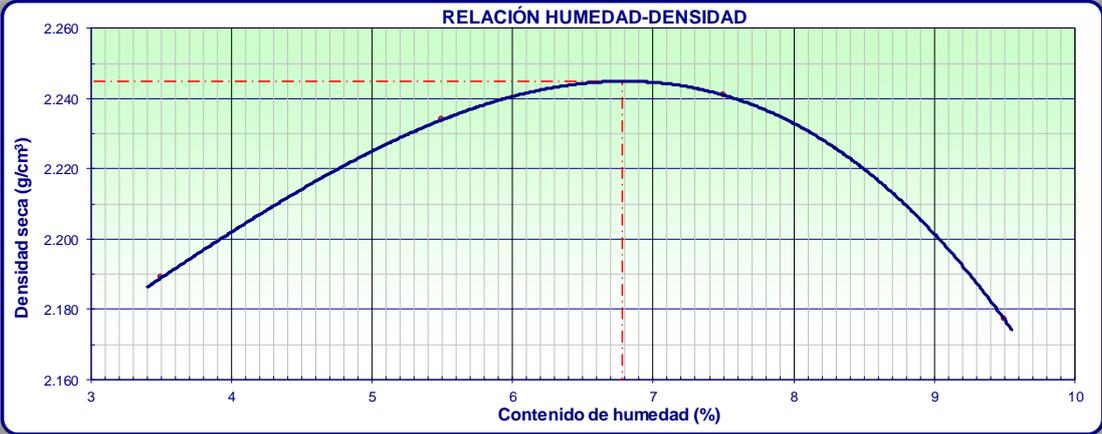


Figura 58. Proctor Modificado, al 3% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO												
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633												
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS												
DATOS DE LA MUESTRA												
PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I,												
LUGAR : CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAVELICA - 2023												
CANTERA : A CRAQUIA - TAY ACAJA - HUANCAVELICA												
UBICACIÓN : SAN VICENTE												
DOSIFICACIÓN : 3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
MUESTRA : M-2												
TRINCERA : ---												
HECHO POR : R. M. A. - R.A.S.												
FECHA : 17/05/2023												
ACCESO : 0.02 KM												
DATOS DE MOLDE												
N° de Molde = 1												
Volumen del Molde (cm ³) = 942												
Peso del Molde (g) = 3909												
DATOS DE MUESTRA												
Densidad máxima (g/cm ³) = 2.245												
Humedad óptima (%) = 6.8												
Contenido de Cemento (%) = 4												
Contenido de Aceite (%) = 3												
Ensayo	N° CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda g/cm ³	Peso suelo húmedo+tara	Peso tara g	Peso de agua g	Peso del suelo seco g	Contenido de agua %	Densidad seca g/cm ³	Peso Unitario seco kN/m ³
1	10.15	6163	2254.4	2.393	134.6	0.0	8.6	126.0	6.79	2.241	20.364	
2	10.15	6164	2255.3	2.394	107.8	0.0	6.8	101.0	6.74	2.243	20.382	
3	10.15	6162	2252.8	2.391	180.5	0.0	11.5	169.0	6.81	2.239	20.346	
4	10.15	6163	2254.2	2.393	134.6	0.0	8.6	126.0	6.83	2.240	20.355	
5	10.15	6166	2257.0	2.396	138.8	0.0	8.8	130.0	6.77	2.244	20.391	
6	10.15	6164	2255.2	2.394	151.7	0.0	9.7	142.0	6.83	2.241	20.364	
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Promedio
1	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	KN	kgf	cm ²	kgf/cm ²	lb/ft ²	Mpa	Mpa	CUMPLE	1.978
2	17/05/2023	17/05/2023	7	16.02	1632.9	80.91	20.18	287.03	1.979	1.80	SI - NO	
3	17/05/2023	17/05/2023	7	16.02	1633.7	80.91	20.19	287.17	1.980	1.80	Si Cumple	
4	17/05/2023	17/05/2023	7	15.98	1629.6	80.91	20.14	286.45	1.975	1.80	Si Cumple	
5	17/05/2023	17/05/2023	7	16.00	1630.4	80.91	20.15	286.59	1.976	1.80	Si Cumple	
6	17/05/2023	17/05/2023	7	16.03	1631.2	80.91	20.16	286.74	1.977	1.80	Si Cumple	
6	17/05/2023	17/05/2023	7	16.03	1634.5	80.91	20.20	287.32	1.981	1.80	Si Cumple	

Observaciones: Método de Ensayo "A"

* El resultado es muy disperso para realizar el promedio

Figura 59. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo – Cemento, al 3% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA						MUESTRA	M-1					
CANETERA	SAN VICENTE						TRINCERA	1					
UBICACIÓN	KM. 4+200		ACCESO		0.02 KM		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.					
MATERIAL	MATERIAL GRANULAR												
DOSIFICACIÓN	3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
Fecha de inicio de curado	10/05/2023		Peso Unitario		2.245		Clasificación del suelo según AASHTO			Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)			
Fecha final de curado	17/05/2023		% de Humedad		6.78		A-1 / A-3			1.5			
Peso del espécimen	2221.5 g		P. espécimen Calculado		2080.4		A-2			2.5			
Ø prom.	10.15 mm						A-4 / A-5			3.0			
h prom.	11.60 mm						A-6 / A-7			3.5			
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.			
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g
1	08:50	13:50	2247.5	10.15	10.60	17/05/2023 14:00	19/05/2023 08:00	2224.8	---	---	2216.9	---	---
2	09:00	14:00	2235.9	---	---	19/05/2023 14:10	21/05/2023 08:10	2215.4	---	---	2206.7	---	---
3	09:10	14:10	2226.7	---	---	21/05/2023 14:20	23/05/2023 08:20	2206.2	---	---	2197.6	---	---
4	09:20	14:20	2220.6	---	---	23/05/2023 14:30	25/05/2023 08:30	2195.7	---	---	2185.9	---	---
5	09:30	14:30	2200.9	---	---	25/05/2023 14:40	27/05/2023 08:40	2185.2	---	---	2175.4	---	---
6	09:40	14:40	2189.4	---	---	27/05/2023 14:50	29/05/2023 08:50	2174.9	---	---	2165.3	---	---
7	09:50	14:50	2183.3	---	---	29/05/2023 15:00	31/05/2023 09:00	2164.5	---	---	2154.8	---	---
8	10:00	15:00	2173.8	---	---	31/05/2023 15:10	02/06/2023 09:10	2153.5	---	---	2143.3	---	---
9	10:10	15:10	2161.3	---	---	02/06/2023 15:20	04/06/2023 09:20	2143.0	---	---	2133.2	---	---
10	10:20	15:20	2153.2	---	---	04/06/2023 15:30	06/06/2023 09:30	2132.5	---	---	2122.7	---	---
11	10:30	15:30	2143.7	---	---	06/06/2023 15:40	08/06/2023 09:40	2123.2	---	---	2114.6	---	---
12	10:40	15:40	2137.6	---	---	08/06/2023 15:50	10/06/2023 09:50	2111.8	---	---	2101.1	---	1966.0
Peso seco al Horno corregido			1918.0 g										
Pérdida de suelo-cemento			8%										
Resultado				Suelo por estabilizar				Pérdida máxima (%)				Cumple	
8%				A-2-4				14				Si	

Figura 60. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 3% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°8. Ensayo de Materiales Adicionando 3% de Aceite de Motor Reciclado más 5% Cemento Portland Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023			
LUGAR	:	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA	MUESTRA	M-2	
CANETERA	:	SAN VICENTE	TRINCERA	---	
UBICACIÓN	:	KM. 4+200	ACCESO	:	0.02 KM
DOSIFICACIÓN	:	3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.
				FECHA	17/05/2023
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	11288	11520	11659	11603
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491
Peso suelo húmedo compactado	g	4797	5029	5168	5112
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	2.263	2.372	2.438	2.412
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3
Peso del suelo húmedo+tara	g	492.3	549.2	552.7	556.5
Peso del suelo seco + tara	g	478.0	523.0	516.0	510.0
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	14.3	26.2	36.7	46.5
Peso del suelo seco	g	478.0	523.0	516.0	510.0
Contenido de agua	%	3.00	5.00	7.11	9.12
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.197	2.259	2.276	2.210
				Densidad máxima (g/cm ³)	2.279
				Humedad óptima (%)	6.6

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

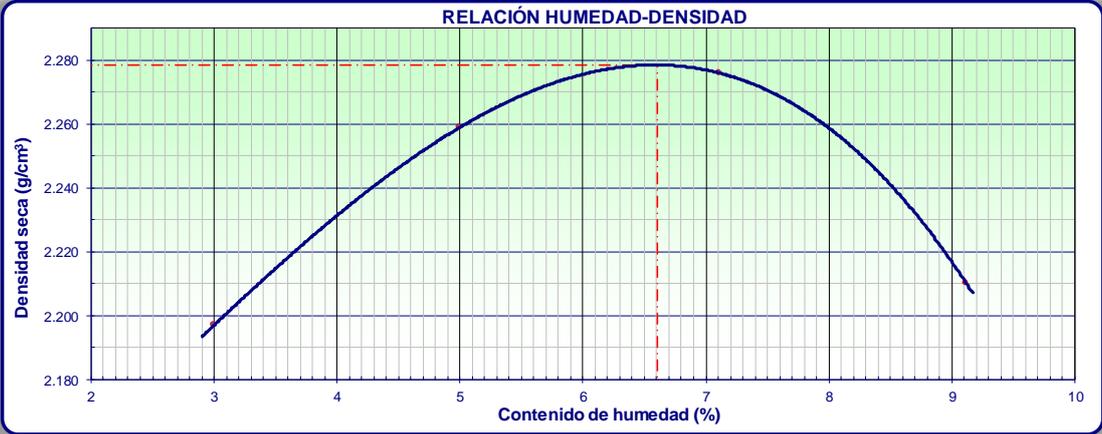


Figura 61. Proctor Modificado, al 3% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA												
CANTERA	SAN VICENTE												
UBICACIÓN	KM. 4+200												
DOSIFICACIÓN	3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
MUESTRA	M-2												
TRINCERA	---												
HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.												
FECHA	24/05/2023												
ACCESO	0.02 KM												
DATOS DE MOLDE													
Nº de Molde	1												
Volumen del Molde (cm3)	942												
Peso del Molde (g)	3909												
DATOS DE MUESTRA													
Densidad máxima (g/cm3)	2.279												
Humedad óptima (%)	6.6												
Contenido de Cemento (%)	5												
Contenido de Aceite (%)	3												
Ensayo	Nº CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda (g/cm³)	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara (g)	Peso de agua (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	Densidad seca (g/cm³)	Peso Unitario seco (kN/m³)
	1	10.15	6196	2287.3	2.428	117.1	110.0	0.0	7.1	110.0	6.45	2.281	20.727
	2	10.15	6201	2291.7	2.433	166.2	156.0	0.0	10.2	156.0	6.56	2.283	20.746
	3	10.15	6193	2284.1	2.425	149.3	140.0	0.0	9.3	140.0	6.63	2.274	20.864
	4	10.15	6194	2284.7	2.425	173.8	163.0	0.0	10.8	163.0	6.61	2.275	20.873
	5	10.15	6195	2285.9	2.427	191.9	180.0	0.0	11.9	180.0	6.62	2.276	20.882
	6	10.15	6198	2289.4	2.430	183.4	172.0	0.0	11.4	172.0	6.64	2.279	20.709
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Promedio
	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	kgf	cm²	kgf/cm²	kgf/cm²	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	
1	17/05/2023	24/05/2023	7	1830.9	80.91	22.63	321.84	2.219	1.80	2.219	1.80	Si Cumple	2.216
2	17/05/2023	24/05/2023	7	1830.0	80.91	22.62	321.69	2.218	1.80	2.218	1.80	Si Cumple	
3	17/05/2023	24/05/2023	7	1825.9	80.91	22.57	320.97	2.213	1.80	2.213	1.80	Si Cumple	
4	17/05/2023	24/05/2023	7	1826.7	80.91	22.58	321.11	2.214	1.80	2.214	1.80	Si Cumple	
5	17/05/2023	24/05/2023	7	1828.4	80.91	22.60	321.40	2.216	1.80	2.216	1.80	Si Cumple	
6	17/05/2023	24/05/2023	7	1829.2	80.91	22.61	321.55	2.217	1.80	2.217	1.80	Si Cumple	
Observaciones: Método de Ensayo "A"													
*El resultado es muy disperso para realizar el promedio													

Figura 62. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 3% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES																					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS																					
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135																					
DATOS DE LA MUESTRA																					
TESIS : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAMELICA - 2023																					
LUGAR : ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCAMELICA																					
CANETERA : SAN VICENTE																					
UBICACIÓN : KM. 4+200																					
MATERIAL : MATERIAL GRANULAR																					
DOSIFICACIÓN : 3% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I																					
MUESTRA : M-1																					
TRINCERA : 1																					
HECHO POR : R. M. A. - R.A.S.																					
FECHA : 17/05/2023																					
ACCESO : 0.02 KM																					
Fecha de inicio de curado : 17/05/2023																					
Fecha final de curado : 24/05/2023																					
Peso del espécimen : 2253.0 g																					
Ø prom. : 10.15 mm																					
h prom. : 11.60 mm																					
Peso Unitario : 2.279																					
% de Humedad : 6.60																					
P. espécimen Calculado : 2113.4																					
Clasificación del suelo según AASHTO : A-1 / A-3																					
Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%) : 1.5																					
A-2 : 2.5																					
A-4 / A-5 : 3.0																					
A-6 / A-7 : 3.5																					
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)								
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.											
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g								
1	09:35	14:35	2265.0	10.15	10.60	24/05/2023 14:45	26/05/2023 08:45	2259.8	---	---	2255.3	---	---								
2	09:45	14:45	2272.3	---	---	26/05/2023 14:55	28/05/2023 08:55	2253.8	---	---	2248.2	---	---								
3	09:55	14:55	2267.2	---	---	28/05/2023 15:05	30/05/2023 09:05	2247.5	---	---	2241.6	---	---								
4	10:05	15:05	2256.6	---	---	30/05/2023 15:15	01/06/2023 09:15	2240.7	---	---	2234.4	---	---								
5	10:15	15:15	2248.4	---	---	01/06/2023 15:25	03/06/2023 09:25	2233.0	---	---	2225.8	---	---								
6	10:25	15:25	2238.8	---	---	03/06/2023 15:35	05/06/2023 09:35	2225.8	---	---	2219.1	---	---								
7	10:35	15:35	2231.1	---	---	05/06/2023 15:45	07/06/2023 09:45	2219.6	---	---	2213.8	---	---								
8	10:45	15:45	2232.8	---	---	07/06/2023 15:55	09/06/2023 09:55	2213.3	---	---	2207.4	---	---								
9	10:55	15:55	2227.4	---	---	09/06/2023 16:05	11/06/2023 10:05	2207.5	---	---	2202.1	---	---								
10	11:05	16:05	2218.1	---	---	11/06/2023 16:15	13/06/2023 10:15	2200.7	---	---	2194.4	---	---								
11	11:15	16:15	2212.4	---	---	13/06/2023 16:25	15/06/2023 10:25	2195.1	---	---	2189.8	---	---								
12	11:25	16:25	2202.8	---	---	15/06/2023 16:35	17/06/2023 10:35	2188.5	---	---	2182.4	---	2041.0								
Peso seco al Horno corregido : 1991.2 g																					
Pérdida de suelo-cemento : 6%																					
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Resultado</th> <th>Suelo por estabilizar</th> <th>Pérdida máxima (%)</th> <th>Cumple</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>6%</td> <td>A-2-4</td> <td>14</td> <td>Si</td> </tr> </tbody> </table>														Resultado	Suelo por estabilizar	Pérdida máxima (%)	Cumple	6%	A-2-4	14	Si
Resultado	Suelo por estabilizar	Pérdida máxima (%)	Cumple																		
6%	A-2-4	14	Si																		

Figura 63. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 3% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I)

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°9. Ensayo de Materiales Adicionando 4% de Aceite de Motor Reciclado más 2% Cemento Portlant Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES						
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS						
PROCTOR MODIFICADO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180						
DATOS DE LA MUESTRA						
PROYECTO	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAVELICA - 2023					
LUGAR	: ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCAVELICA			MUESTRA	M-2	
CANTERA	: SAN VICENTE			TRINCERA	---	
UBICACIÓN	: KM. 4+200	ACCESO	: 0.02 KM	HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.	
DOSIFICACIÓN	: 4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 2% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I				FECHA	24/05/2023
Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	g	11270	11495	11549	11303	
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491	
Peso suelo húmedo compactado	g	4779	5004	5058	4812	
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120	
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	2.254	2.360	2.386	2.270	
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3	
Peso del suelo húmedo+tara	g	408.5	444.1	568.4	590.5	
Peso del suelo seco + tara	g	389.0	415.0	521.0	531.0	
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0	
Peso de agua	g	19.5	29.1	47.4	59.5	
Peso del suelo seco	g	389.0	415.0	521.0	531.0	
Contenido de agua	%	5.00	7.00	9.10	11.20	
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.147	2.206	2.187	2.041	
Densidad máxima (g/cm ³)					2.211	
Humedad óptima (%)					7.7	

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

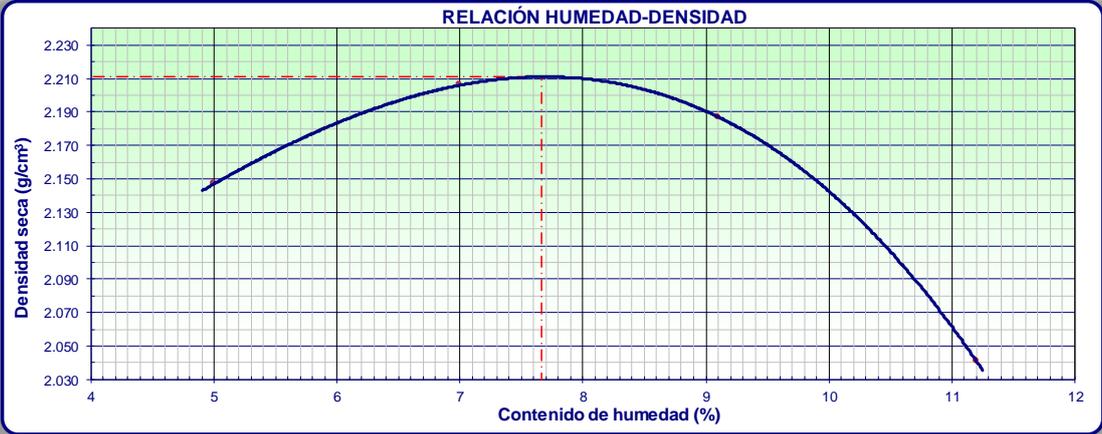


Figura 64. Proctor Modificado, al 4% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO														
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633														
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS														
DATOS DE LA MUESTRA														
PROYECTO	: ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023													
LUGAR	: ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA													
CANTERA	: SAN VICENTE													
UBICACIÓN	: KM. 4+200													
DOSIFICACIÓN	: 4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 2% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I													
MUESTRA	: M-2													
TRINCERA	: ---													
HECHO POR	: R. M. A. - R.A.S.													
FECHA	: 31/05/2023													
DATOS DE MOLDE														
Nº de Molde	= 1													
Volumen del Molde (cm ³)	= 942													
Peso del Molde (g)	= 3909													
DATOS DE MUESTRA														
Densidad máxima (g/cm ³)	= 2.211													
Humedad óptima (%)	= 7.7													
Contenido de Cemento (%)	= 2													
Contenido de Aceite (%)	= 4													
DATOS DE MUESTRA														
Ensayo	Nº CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde (g)	Peso suelo húmedo compactado (g)	Densidad húmeda (g/cm ³)	Peso suelo húmedo+tara (g)	Peso suelo seco + tara (g)	Peso Tara (g)	Peso de agua (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Peso Unitario seco (kN/m ³)	
1	1	10.15	6152	2243.0	2.381	113.2	105.0	0.0	8.2	105.0	7.79	2.209	20.073	
2	2	10.15	6153	2243.9	2.382	121.7	113.0	0.0	8.7	113.0	7.69	2.212	20.100	
3	3	10.15	6154	2244.7	2.383	161.4	150.0	0.0	11.4	150.0	7.63	2.214	20.119	
4	4	10.15	6154	2244.6	2.383	174.6	162.0	0.0	12.6	162.0	7.77	2.211	20.091	
5	5	10.15	6153	2243.7	2.382	153.0	142.0	0.0	11.0	142.0	7.72	2.211	20.092	
6	6	10.15	6151	2242.3	2.380	215.4	200.0	0.0	15.4	200.0	7.71	2.210	20.082	
Ensayo	Nº CÓDIGO	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia Mínima	CUMPLE	Promedio
1	1	DD/MM/AAAA 24/05/2023	DD/MM/AAAA 31/05/2023	Días 7	KN 13.54	kgf 1381.2	cm ² 80.91	kgf/cm ² 17.07	lbf/in ² 242.79	Mpa 1.674	Mpa 1.679	Mpa 1.80	SI - NO No Cumple	1.677
2	2	24/05/2023	31/05/2023	7	13.59	1385.3	80.91	17.12	243.52	1.679	1.80	No Cumple		
3	3	24/05/2023	31/05/2023	7	13.60	1387.0	80.91	17.14	243.81	1.681	1.80	No Cumple		
4	4	24/05/2023	31/05/2023	7	13.54	1380.4	80.91	17.06	242.65	1.673	1.80	No Cumple		
5	5	24/05/2023	31/05/2023	7	13.58	1384.5	80.91	17.11	243.37	1.678	1.80	No Cumple		
6	6	24/05/2023	31/05/2023	7	13.58	1384.5	80.91	17.11	243.37	1.678	1.80	No Cumple		
Observaciones: Método de Ensayo "A" * El resultado es muy disperso para realizar el promedio														

Figura 65. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 4% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°10. Ensayo de Materiales Adicionando 4% de Aceite de Motor Reciclado más 3% Cemento Portland Tipo I

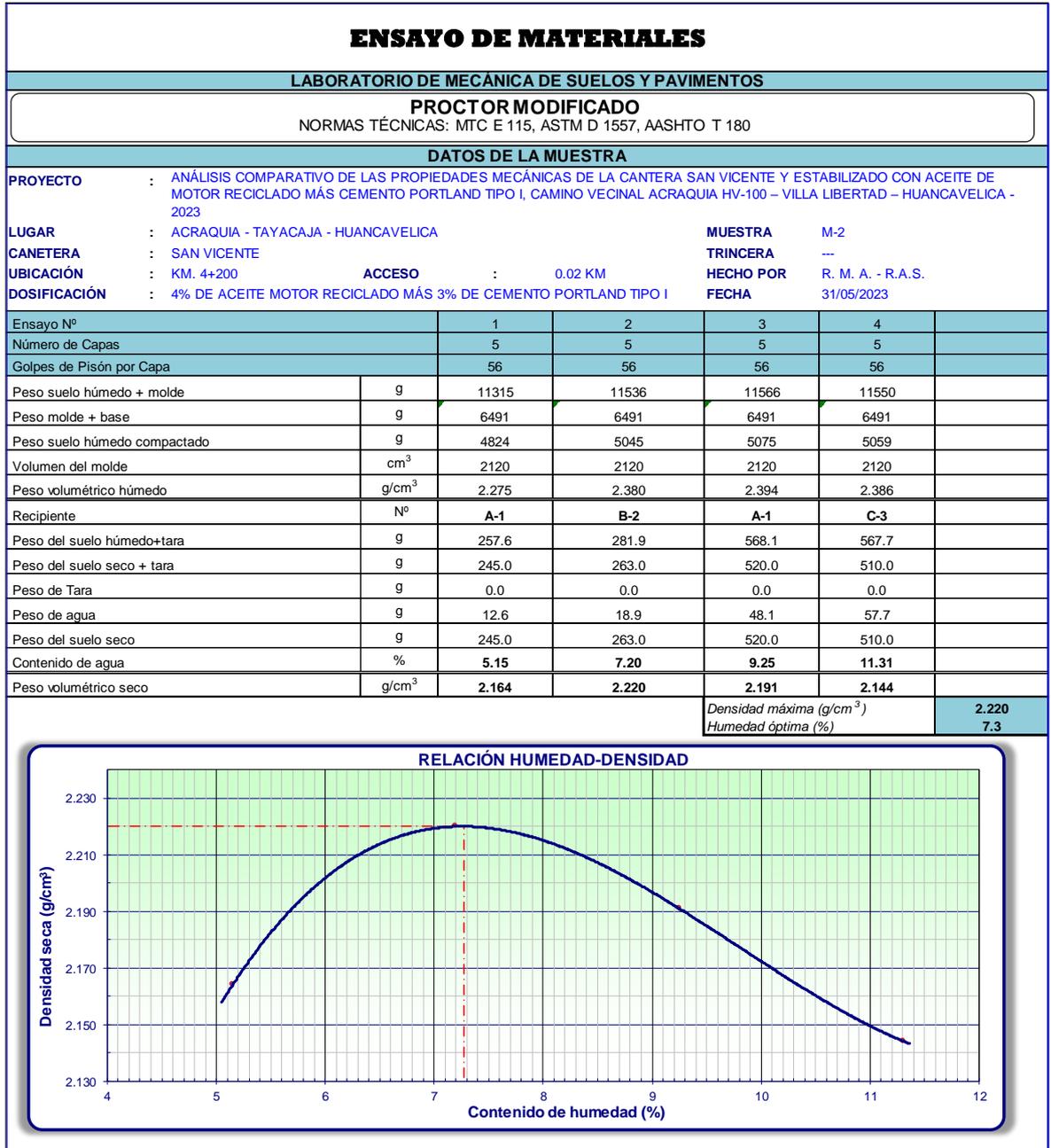


Figura 66. Proctor Modificado, al 4% (A.M.R.) más 3% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO															
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633															
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS															
DATOS DE LA MUESTRA															
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND														
LUGAR	TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023														
CANTERA	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA														
UBICACIÓN	SAN VICENTE														
DOSIFICACIÓN	4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 3% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I														
MUESTRA	M-2														
TRINCERA	---														
HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.														
FECHA	07/06/2023														
ACCESO : 0.02 KM															
DATOS DE MOLDE															
Nº de Molde	1														
Volumen del Molde (cm ³)	942														
Peso del Molde (g)	3909														
DATOS DE MUESTRA															
Densidad máxima (g/cm ³)	= 2.220														
Humedad óptima (%)	= 7.3														
Contenido de Cemento (%)	= 3														
Contenido de Aceite (%)	= 4														
Ensayo	Nº CÓDIGO	Díametro (cm)	Peso suelo húmedo + molde (g)	Peso suelo húmedo compactado (g)	Densidad húmeda (g/cm ³)	Peso suelo húmedo+tara (g)	Peso suelo seco + tara (g)	Peso Tara (g)	Peso de agua (g)	Resistencia (kgf/cm ²)	Resistencia (lb/in ²)	Resistencia (Mpa)	Resistencia Mínima	CUMPLE	Peso Unitario seco (kN/m ³)
1	10.15	6155	2245.5	2.384	225.3	210.0	0.0	15.3	7.28	210.0	15.3	1.783	1.80	Si - NO	20.191
2	10.15	6152	2243.1	2.381	173.8	162.0	0.0	11.8	7.31	162.0	11.8	1.780	1.80	No Cumple	20.164
3	10.15	6153	2243.7	2.382	197.3	184.0	0.0	13.3	7.24	184.0	13.3	1.782	1.80	No Cumple	20.182
4	10.15	6152	2243.1	2.381	141.7	132.0	0.0	9.7	7.36	132.0	9.7	1.779	1.80	No Cumple	20.155
5	10.15	6154	2244.5	2.383	128.8	120.0	0.0	8.8	7.33	120.0	8.8	1.784	1.80	No Cumple	20.173
6	10.15	6154	2244.7	2.383	130.9	122.0	0.0	8.9	7.29	122.0	8.9	1.781	1.80	No Cumple	20.182
Ensayo	Nº CÓDIGO	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia Mínima	CUMPLE	Promedio
1	31/05/2023	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	KN	kgf	cm ²	kgf/cm ²	lb/in ²	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	Si - NO	1.782
2	31/05/2023	07/06/2023	07/06/2023	7	14.40	1471.1	80.91	18.18	258.60	1.783	258.60	1.80	1.80	No Cumple	1.782
3	31/05/2023	07/06/2023	07/06/2023	7	14.42	1468.7	80.91	18.15	258.17	1.780	258.17	1.80	1.80	No Cumple	1.782
4	31/05/2023	07/06/2023	07/06/2023	7	14.39	1467.8	80.91	18.14	258.02	1.779	258.02	1.80	1.80	No Cumple	1.782
5	31/05/2023	07/06/2023	07/06/2023	7	14.44	1472.0	80.91	18.19	258.75	1.784	258.75	1.80	1.80	No Cumple	1.782
6	31/05/2023	07/06/2023	07/06/2023	7	14.41	1469.5	80.91	18.16	258.31	1.781	258.31	1.80	1.80	No Cumple	1.782
Observaciones: Método de Ensayo "A"															
* El resultado es muy disperso para realizar el promedio															

Figura 67. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 4% (A.M.R.) más 3% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°11. Ensayo de Materiales Adicionando 4% de Aceite de Motor

Reciclado más 4% Cemento Portlant Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAVELICA - 2023			
LUGAR	:	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCAVELICA		MUESTRA	M-2
CANTERA	:	SAN VICENTE		TRINCERA	---
UBICACIÓN	:	KM. 4+200	ACCESO	:	0.02 KM
DOSIFICACIÓN	:	4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.
				FECHA	07/06/2023
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	11269	11517	11572	11430
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491
Peso suelo húmedo compactado	g	4778	5026	5081	4939
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	2.254	2.371	2.397	2.330
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3
Peso del suelo húmedo+tara	g	536.6	558.2	547.5	614.0
Peso del suelo seco + tara	g	516.0	526.0	506.0	555.0
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	20.6	32.2	41.5	59.0
Peso del suelo seco	g	516.0	526.0	506.0	555.0
Contenido de agua	%	4.00	6.12	8.21	10.63
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.167	2.234	2.215	2.106
				Densidad máxima (g/cm ³)	2.237
				Humedad óptima (%)	6.6

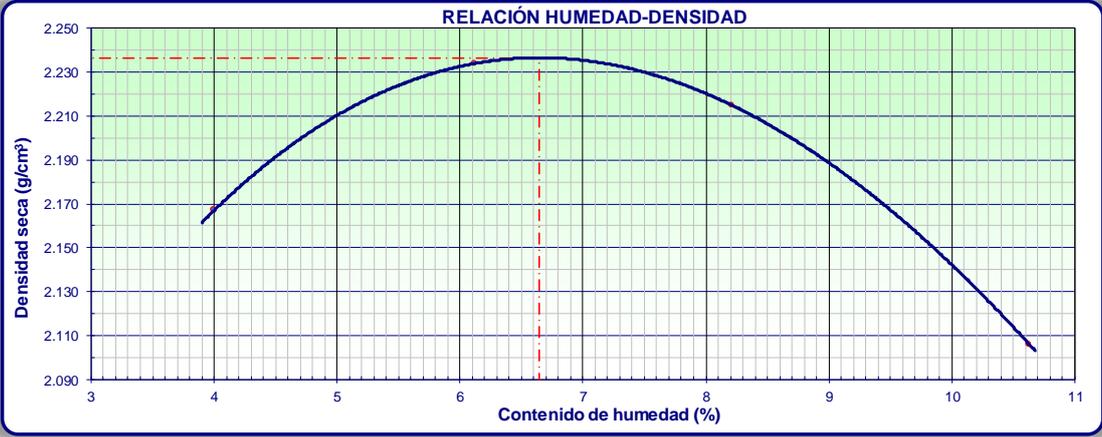


Figura 68. Proctor Modificado, al 4% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO															
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633															
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS															
DATOS DE LA MUESTRA															
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023														
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA														
CANTERA	SAN VICENTE														
UBICACIÓN	KM. 4+200														
DOSIFICACIÓN	4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I														
MUESTRA	M-2														
TRINCHERA	---														
HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.														
FECHA	14/06/2023														
ACCESO	0.02 KM														
DATOS DE MOLDE															
Nº de Molde	1														
Volumen del Molde (cm ³)	= 942														
Peso del Molde (g)	= 3909														
DATOS DE MUESTRA															
Densidad máxima (g/cm ³)	= 2.237														
Humedad óptima (%)	= 6.6														
Contenido de Cemento (%)	= 4														
Contenido de Aceite (%)	= 4														
Ensayo	Nº CÓDIGO	Díametro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Densidad húmeda	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara	Peso de agua	Peso del suelo seco	Contenido de agua	Densidad seca	Peso Unitario seco
	1	10.15	6154	14/06/2023	7	1502.5	2.383	172.7	162.0	0.0	10.7	162.0	6.61	2.235	20.309
	2	10.15	6154	14/06/2023	7	1505.0	2.383	108.7	102.0	0.0	6.7	102.0	6.58	2.236	20.319
	3	10.15	6154	14/06/2023	7	1503.3	2.383	123.7	116.0	0.0	7.7	116.0	6.63	2.235	20.309
	4	10.15	6154	14/06/2023	7	1504.1	2.383	145.1	136.0	0.0	9.1	136.0	6.68	2.234	20.300
	5	10.15	6154	14/06/2023	7	1505.8	2.383	267.5	251.0	0.0	16.5	251.0	6.59	2.236	20.319
	6	10.15	6155	14/06/2023	7	1506.6	2.384	283.5	266.0	0.0	17.5	266.0	6.57	2.237	20.328
Ensayo	Nº CÓDIGO	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Densidad húmeda	Peso suelo húmedo compactado	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Resistencia	Resistencia	Peso de agua	Peso del suelo seco	Resistencia	Resistencia
	1	07/06/2023	14/06/2023	7	1502.5	2.383	2244.5	172.7	162.0	18.57	264.11	162.0	1.821	1.821	1.80
	2	07/06/2023	14/06/2023	7	1505.0	2.383	2244.9	108.7	102.0	18.60	264.55	102.0	1.824	1.824	1.80
	3	07/06/2023	14/06/2023	7	1503.3	2.383	2245.0	123.7	116.0	18.58	264.26	116.0	1.822	1.822	1.80
	4	07/06/2023	14/06/2023	7	1504.1	2.383	2245.0	145.1	136.0	18.59	264.40	136.0	1.823	1.823	1.80
	5	07/06/2023	14/06/2023	7	1505.8	2.383	2245.1	267.5	251.0	18.61	264.69	251.0	1.825	1.825	1.80
	6	07/06/2023	14/06/2023	7	1506.6	2.384	2245.7	283.5	266.0	18.62	264.84	266.0	1.826	1.826	1.80
Observaciones: Método de Ensayo "A"															
* El resultado es muy disperso para realizar el promedio															

Figura 69. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 4% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES																																																																																																																																																																																																																									
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS																																																																																																																																																																																																																									
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135																																																																																																																																																																																																																									
DATOS DE LA MUESTRA																																																																																																																																																																																																																									
PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023																																																																																																																																																																																																																									
LUGAR : ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA																																																																																																																																																																																																																									
CANETERA : SAN VICENTE																																																																																																																																																																																																																									
UBICACIÓN : KM. 4+200 ACCESO : 0.02 KM																																																																																																																																																																																																																									
MATERIAL : MATERIAL GRANULAR																																																																																																																																																																																																																									
DOSIFICACIÓN : 4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 4% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I																																																																																																																																																																																																																									
MUESTRA : M-1 TRINCERA : 1 HECHO POR : R. M. A. - R.A.S. FECHA : 07/06/2023																																																																																																																																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Fecha de inicio de curado</td> <td>07/06/2023</td> <td>Peso Unitario</td> <td>2.237</td> <td>Clasificación del suelo según AASHTO</td> <td>Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)</td> </tr> <tr> <td>Fecha final de curado</td> <td>14/06/2023</td> <td>% de Humedad</td> <td>6.65</td> <td>A-1 / A-3</td> <td>1.5</td> </tr> <tr> <td>Peso del espécimen</td> <td>2213.5 g</td> <td>P. espécimen Calculado</td> <td>2075.6</td> <td>A-2</td> <td>2.5</td> </tr> <tr> <td>Ø prom.</td> <td>10.15 mm</td> <td></td> <td></td> <td>A-4 / A-5</td> <td>3.0</td> </tr> <tr> <td>h prom.</td> <td>11.60 mm</td> <td></td> <td></td> <td>A-6 / A-7</td> <td>3.5</td> </tr> </table>														Fecha de inicio de curado	07/06/2023	Peso Unitario	2.237	Clasificación del suelo según AASHTO	Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)	Fecha final de curado	14/06/2023	% de Humedad	6.65	A-1 / A-3	1.5	Peso del espécimen	2213.5 g	P. espécimen Calculado	2075.6	A-2	2.5	Ø prom.	10.15 mm			A-4 / A-5	3.0	h prom.	11.60 mm			A-6 / A-7	3.5																																																																																																																																																																														
Fecha de inicio de curado	07/06/2023	Peso Unitario	2.237	Clasificación del suelo según AASHTO	Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)																																																																																																																																																																																																																				
Fecha final de curado	14/06/2023	% de Humedad	6.65	A-1 / A-3	1.5																																																																																																																																																																																																																				
Peso del espécimen	2213.5 g	P. espécimen Calculado	2075.6	A-2	2.5																																																																																																																																																																																																																				
Ø prom.	10.15 mm			A-4 / A-5	3.0																																																																																																																																																																																																																				
h prom.	11.60 mm			A-6 / A-7	3.5																																																																																																																																																																																																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th rowspan="2">Ciclo</th> <th colspan="2">Sumergido en agua</th> <th rowspan="2">Peso del espécimen</th> <th colspan="2">Medida inicial</th> <th colspan="2">Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)</th> <th rowspan="2">Peso del espécimen</th> <th colspan="2">Medida final</th> <th rowspan="2">Peso del espécimen (Cepillado)</th> <th rowspan="2">Volumen</th> <th rowspan="2">Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)</th> </tr> <tr> <th>hora inicial</th> <th>hora final</th> <th>Ø prom.</th> <th>h prom.</th> <th>Fecha - hora (inicial)</th> <th>Fecha - hora (final)</th> <th>Ø prom.</th> <th>h prom.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Nº</td> <td></td> <td></td> <td>g</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td></td> <td></td> <td>g</td> <td>mm</td> <td>mm</td> <td>g</td> <td>%</td> <td>g</td> </tr> <tr> <td>1</td> <td>09:15</td> <td>14:15</td> <td>2232.5</td> <td>10.15</td> <td>10.60</td> <td>14/06/2023 14:25</td> <td>16/06/2023 08:25</td> <td>2214.7</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2205.1</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>09:25</td> <td>14:25</td> <td>2226.1</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>16/06/2023 14:35</td> <td>18/06/2023 08:35</td> <td>2203.8</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2193.6</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>09:35</td> <td>14:35</td> <td>2218.6</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>18/06/2023 14:45</td> <td>20/06/2023 08:45</td> <td>2191.7</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2180.4</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>09:45</td> <td>14:45</td> <td>2203.4</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>20/06/2023 14:55</td> <td>22/06/2023 08:55</td> <td>2180.4</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2169.9</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>09:55</td> <td>14:55</td> <td>2190.9</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>22/06/2023 15:05</td> <td>24/06/2023 09:05</td> <td>2166.9</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2154.3</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>10:05</td> <td>15:05</td> <td>2172.3</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>24/06/2023 15:15</td> <td>26/06/2023 09:15</td> <td>2152.4</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2138.8</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>10:15</td> <td>15:15</td> <td>2155.8</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>26/06/2023 15:25</td> <td>28/06/2023 09:25</td> <td>2136.8</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2122.3</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>10:25</td> <td>15:25</td> <td>2136.3</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>28/06/2023 15:35</td> <td>30/06/2023 09:35</td> <td>2120.1</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2104.5</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>10:35</td> <td>15:35</td> <td>2120.5</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>30/06/2023 15:45</td> <td>02/07/2023 09:45</td> <td>2102.3</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2085.7</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>10:45</td> <td>15:45</td> <td>2108.7</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>02/07/2023 15:55</td> <td>04/07/2023 09:55</td> <td>2084.3</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2067.5</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>10:55</td> <td>15:55</td> <td>2091.5</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>04/07/2023 16:05</td> <td>06/07/2023 10:05</td> <td>2065.7</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2048.4</td> <td>---</td> <td>---</td> </tr> <tr> <td>12</td> <td>11:05</td> <td>16:05</td> <td>2076.4</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>06/07/2023 16:15</td> <td>08/07/2023 10:15</td> <td>2044.7</td> <td>---</td> <td>---</td> <td>2025.1</td> <td>---</td> <td>1906.0</td> </tr> </tbody> </table>														Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)	hora inicial	hora final	Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)	Ø prom.	h prom.	Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g	1	09:15	14:15	2232.5	10.15	10.60	14/06/2023 14:25	16/06/2023 08:25	2214.7	---	---	2205.1	---	---	2	09:25	14:25	2226.1	---	---	16/06/2023 14:35	18/06/2023 08:35	2203.8	---	---	2193.6	---	---	3	09:35	14:35	2218.6	---	---	18/06/2023 14:45	20/06/2023 08:45	2191.7	---	---	2180.4	---	---	4	09:45	14:45	2203.4	---	---	20/06/2023 14:55	22/06/2023 08:55	2180.4	---	---	2169.9	---	---	5	09:55	14:55	2190.9	---	---	22/06/2023 15:05	24/06/2023 09:05	2166.9	---	---	2154.3	---	---	6	10:05	15:05	2172.3	---	---	24/06/2023 15:15	26/06/2023 09:15	2152.4	---	---	2138.8	---	---	7	10:15	15:15	2155.8	---	---	26/06/2023 15:25	28/06/2023 09:25	2136.8	---	---	2122.3	---	---	8	10:25	15:25	2136.3	---	---	28/06/2023 15:35	30/06/2023 09:35	2120.1	---	---	2104.5	---	---	9	10:35	15:35	2120.5	---	---	30/06/2023 15:45	02/07/2023 09:45	2102.3	---	---	2085.7	---	---	10	10:45	15:45	2108.7	---	---	02/07/2023 15:55	04/07/2023 09:55	2084.3	---	---	2067.5	---	---	11	10:55	15:55	2091.5	---	---	04/07/2023 16:05	06/07/2023 10:05	2065.7	---	---	2048.4	---	---	12	11:05	16:05	2076.4	---	---	06/07/2023 16:15	08/07/2023 10:15	2044.7	---	---	2025.1	---	1906.0
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)																																																																																																																																																																																																												
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.																																																																																																																																																																																																															
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g																																																																																																																																																																																																												
1	09:15	14:15	2232.5	10.15	10.60	14/06/2023 14:25	16/06/2023 08:25	2214.7	---	---	2205.1	---	---																																																																																																																																																																																																												
2	09:25	14:25	2226.1	---	---	16/06/2023 14:35	18/06/2023 08:35	2203.8	---	---	2193.6	---	---																																																																																																																																																																																																												
3	09:35	14:35	2218.6	---	---	18/06/2023 14:45	20/06/2023 08:45	2191.7	---	---	2180.4	---	---																																																																																																																																																																																																												
4	09:45	14:45	2203.4	---	---	20/06/2023 14:55	22/06/2023 08:55	2180.4	---	---	2169.9	---	---																																																																																																																																																																																																												
5	09:55	14:55	2190.9	---	---	22/06/2023 15:05	24/06/2023 09:05	2166.9	---	---	2154.3	---	---																																																																																																																																																																																																												
6	10:05	15:05	2172.3	---	---	24/06/2023 15:15	26/06/2023 09:15	2152.4	---	---	2138.8	---	---																																																																																																																																																																																																												
7	10:15	15:15	2155.8	---	---	26/06/2023 15:25	28/06/2023 09:25	2136.8	---	---	2122.3	---	---																																																																																																																																																																																																												
8	10:25	15:25	2136.3	---	---	28/06/2023 15:35	30/06/2023 09:35	2120.1	---	---	2104.5	---	---																																																																																																																																																																																																												
9	10:35	15:35	2120.5	---	---	30/06/2023 15:45	02/07/2023 09:45	2102.3	---	---	2085.7	---	---																																																																																																																																																																																																												
10	10:45	15:45	2108.7	---	---	02/07/2023 15:55	04/07/2023 09:55	2084.3	---	---	2067.5	---	---																																																																																																																																																																																																												
11	10:55	15:55	2091.5	---	---	04/07/2023 16:05	06/07/2023 10:05	2065.7	---	---	2048.4	---	---																																																																																																																																																																																																												
12	11:05	16:05	2076.4	---	---	06/07/2023 16:15	08/07/2023 10:15	2044.7	---	---	2025.1	---	1906.0																																																																																																																																																																																																												
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>Peso seco al Horno corregido</td> <td>1859.5 g</td> </tr> <tr> <td>Pérdida de suelo-cemento</td> <td>10%</td> </tr> </table>														Peso seco al Horno corregido	1859.5 g	Pérdida de suelo-cemento	10%																																																																																																																																																																																																								
Peso seco al Horno corregido	1859.5 g																																																																																																																																																																																																																								
Pérdida de suelo-cemento	10%																																																																																																																																																																																																																								
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Resultado</th> <th>Suelo por estabilizar</th> <th>Pérdida máxima (%)</th> <th>Cumple</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>10%</td> <td>A-2-4</td> <td>14</td> <td>Si</td> </tr> </tbody> </table>														Resultado	Suelo por estabilizar	Pérdida máxima (%)	Cumple	10%	A-2-4	14	Si																																																																																																																																																																																																				
Resultado	Suelo por estabilizar	Pérdida máxima (%)	Cumple																																																																																																																																																																																																																						
10%	A-2-4	14	Si																																																																																																																																																																																																																						

Figura 70. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 4% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°12. Ensayo de Materiales Adicionando 4% de Aceite de Motor Reciclado más 5% Cemento Portlant Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023			
LUGAR	:	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA	MUESTRA	M-2	
CANTERA	:	SAN VICENTE	TRINCERA	---	
UBICACIÓN	:	KM. 4+200	ACCESO	:	0.02 KM
DOSIFICACIÓN	:	4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.
				FECHA	14/06/2023
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	11234	11490	11538	11364
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491
Peso suelo húmedo compactado	g	4743	4999	5047	4873
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	2.237	2.358	2.381	2.298
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3
Peso del suelo húmedo+tara	g	422.1	535.2	567.0	528.2
Peso del suelo seco + tara	g	405.0	503.0	523.0	478.0
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	17.1	32.2	44.0	50.2
Peso del suelo seco	g	405.0	503.0	523.0	478.0
Contenido de agua	%	4.21	6.40	8.41	10.50
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.147	2.216	2.196	2.080
				Densidad máxima (g/cm ³)	2.219
				Humedad óptima (%)	6.9

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

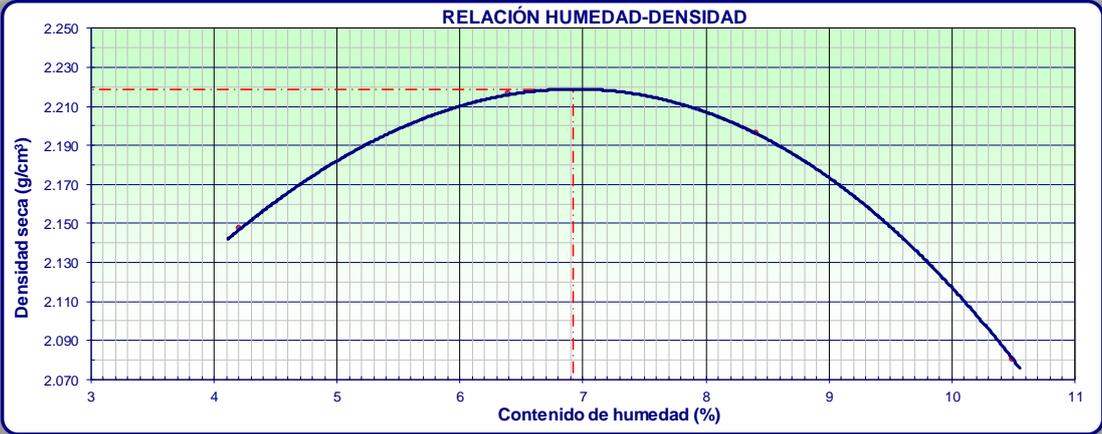


Figura 71. Proctor Modificado, al 4% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
LUGAR	CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA												
CANTERA	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA												
UBICACIÓN	SAN VICENTE												
DOSIFICACIÓN	KM. 4+200												
	ACCESO : 0.02 KM												
	MUESTRA : M-2												
	TRINCERA : --												
	HECHO POR : R. M. A. - R.A.S.												
	FECHA : 21/06/2023												
DATOS DE MOLDE													
Nº de Molde	= 1												
Volumen del Molde (cm3)	= 942												
Peso del Molde (g)	= 3909												
	Densidad máxima (g/cm3) = 2.219												
	Humedad óptima (%) = 6.9												
	Contenido de Cemento (%) = 5												
	Contenido de Aceite (%) = 4												
DATOS DE MUESTRA													
Ensayo	Nº CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara	Peso de agua	Peso del suelo seco	Contenido de agua	Densidad seca	Peso Unitario seco
1	1	10.15	6142	2232.9	2.370	122.9	115.0	0.0	7.9	115.0	6.87	2.218	20.155
2	2	10.15	6142	2232.7	2.370	134.6	126.0	0.0	8.6	126.0	6.86	2.218	20.155
3	3	10.15	6144	2234.7	2.372	141.1	132.0	0.0	9.1	132.0	6.91	2.219	20.164
4	4	10.15	6144	2234.5	2.372	150.7	141.0	0.0	9.7	141.0	6.90	2.219	20.164
5	5	10.15	6142	2233.1	2.371	130.5	122.0	0.0	8.5	122.0	6.93	2.217	20.146
6	6	10.15	6144	2235.3	2.373	113.3	106.0	0.0	7.3	106.0	6.89	2.220	20.173
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	CUMPLE	Promedio
Nº CÓDIGO	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Dias	KN	cm ²	kgf/cm ²	lb/in ²	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	SI - NO	
1	14/06/2023	21/06/2023	7	1538.6	80.91	19.03	270.64	1.866	1.866	1.866	1.80	SI Cumple	1.867
2	14/06/2023	21/06/2023	7	1538.8	80.91	19.02	270.49	1.865	1.865	1.865	1.80	SI Cumple	
3	14/06/2023	21/06/2023	7	1541.3	80.91	19.05	270.93	1.868	1.868	1.868	1.80	SI Cumple	
4	14/06/2023	21/06/2023	7	1540.4	80.91	19.04	270.78	1.867	1.867	1.867	1.80	SI Cumple	
5	14/06/2023	21/06/2023	7	1538.8	80.91	19.02	270.49	1.865	1.865	1.865	1.80	SI Cumple	
6	14/06/2023	21/06/2023	7	1542.1	80.91	19.06	271.07	1.869	1.869	1.869	1.80	SI Cumple	
Observaciones: Método de Ensayo "A"													
* El resultado es muy disperso para realizar el promedio													

Figura 72. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 4% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES															
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS															
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135															
DATOS DE LA MUESTRA															
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAMELICA - 2023														
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCAMELICA						MUESTRA	M-1							
CANETERA	SAN VICENTE						TRINCERA	1							
UBICACIÓN	KM. 4+200			ACCESO	0.02 KM			HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.						
MATERIAL	MATERIAL GRANULAR														
DOSIFICACIÓN	4% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I														
Fecha de inicio de curado	14/06/2023			Peso Unitario	2.219			Clasificación del suelo según AASHTO			Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)				
Fecha final de curado	21/06/2023			% de Humedad	6.92			A-1 / A-3			1.5				
Peso del espécimen	2197.1 g			P. espécimen Calculado	2054.9			A-2			2.5				
Ø prom.	10.15 mm							A-4 / A-5			3.0				
h prom.	11.60 mm							A-6 / A-7			3.5				
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)		
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.					
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g		
1	10:50	15:50	2213.1	10.15	10.60	21/06/2023 16:00	23/06/2023 10:00	2198.4	---	---	2188.6	---	---		
2	11:00	16:00	2207.6	---	---	23/06/2023 16:10	25/06/2023 10:10	2185.2	---	---	2172.9	---	---		
3	11:10	16:10	2193.9	---	---	25/06/2023 16:20	27/06/2023 10:20	2172.7	---	---	2161.1	---	---		
4	11:20	16:20	2187.1	---	---	27/06/2023 16:30	29/06/2023 10:30	2159.6	---	---	2147.4	---	---		
5	11:30	16:30	2170.4	---	---	29/06/2023 16:40	01/07/2023 10:40	2147.6	---	---	2136.4	---	---		
6	11:40	16:40	2160.4	---	---	01/07/2023 16:50	03/07/2023 10:50	2130.8	---	---	2115.2	---	---		
7	11:50	16:50	2140.2	---	---	03/07/2023 17:00	05/07/2023 11:00	2114.4	---	---	2099.1	---	---		
8	12:00	17:00	2125.1	---	---	05/07/2023 17:10	07/07/2023 11:10	2098.6	---	---	2083.9	---	---		
9	12:10	17:10	2109.9	---	---	07/07/2023 17:20	09/07/2023 11:20	2082.5	---	---	2067.6	---	---		
10	12:20	17:20	2086.6	---	---	09/07/2023 17:30	11/07/2023 11:30	2063.3	---	---	2045.4	---	---		
11	12:30	17:30	2075.4	---	---	11/07/2023 17:40	13/07/2023 11:40	2042.2	---	---	2022.6	---	---		
12	12:40	17:40	2050.6	---	---	13/07/2023 17:50	15/07/2023 11:50	2020.4	---	---	2000.1	---	1878.0		
Peso seco al Horno corregido			1832.2 g												
Pérdida de suelo-cemento			11%												
Resultado				Suelo por estabilizar				Pérdida máxima (%)				Cumple			
11%				A-2-4				14				Si			

Figura 73. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 4% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°13. Ensayo de Materiales Adicionando 5% de Aceite de Motor Reciclado más 2% Cemento Portland Tipo I

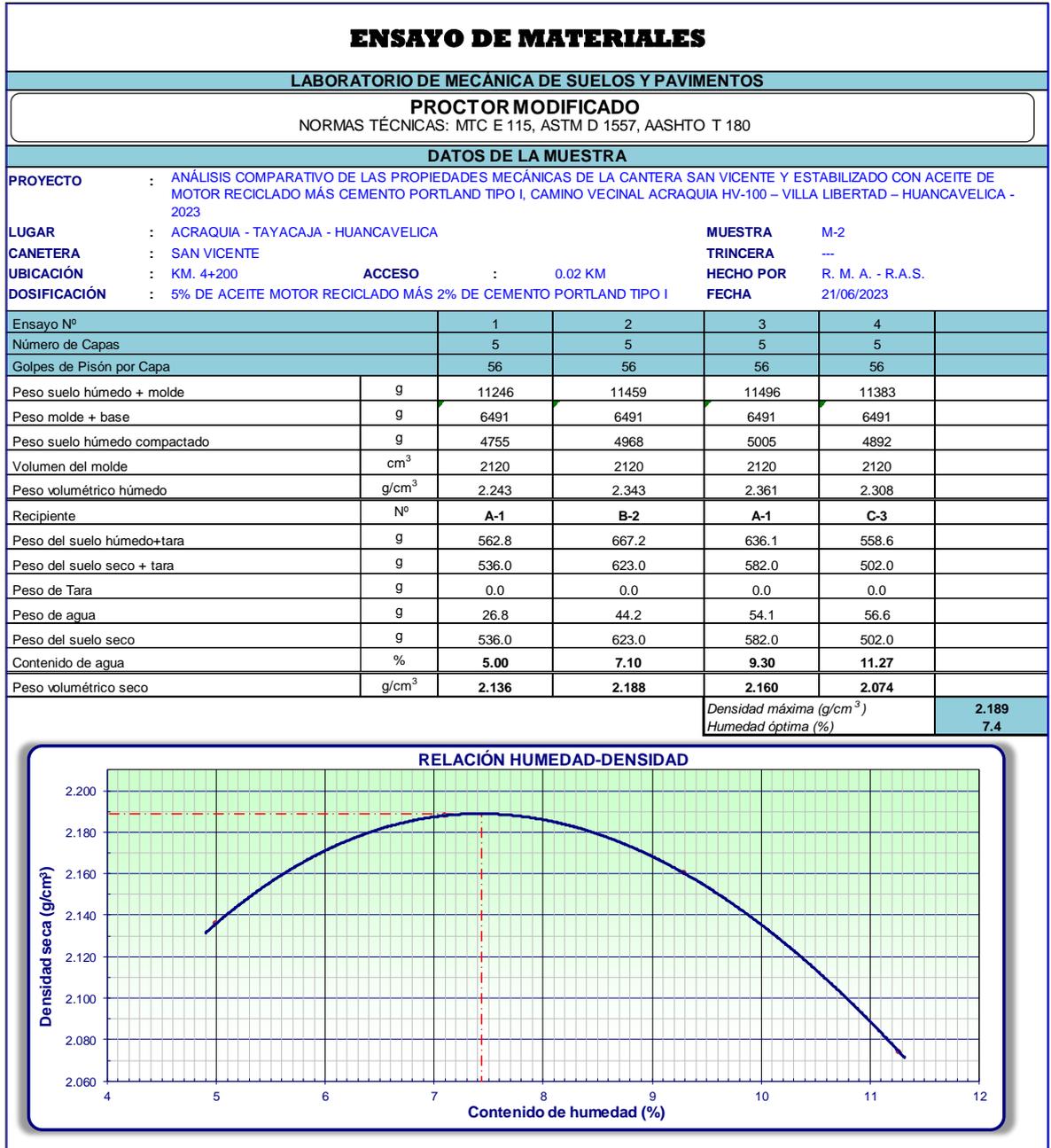


Figura 74. Proctor Modificado, al 5% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

<p style="text-align: center;">RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633</p> <p style="text-align: center;">LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS DATOS DE LA MUESTRA</p>													
<p>PROYECTO : ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023</p> <p>LUGAR : ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA</p> <p>CANTERA : SAN VICENTE</p> <p>UBICACIÓN : KM. 4+200</p> <p>DOSIFICACIÓN : 5% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 2% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I</p> <p>MUESTRA : M-2</p> <p>TRINCERA : ---</p> <p>HECHO POR : R. M. A. - R.A.S.</p> <p>FECHA : 28/06/2023</p> <p>ACCESO : 0.02 KM</p>													
<p style="text-align: center;">DATOS DE MOLDE</p> <p>Nº de Molde = 1</p> <p>Volumen del Molde (cm³) = 942</p> <p>Peso del Molde (g) = 3909</p> <p style="text-align: right;">Densidad máxima (g/cm³) = 2.189</p> <p style="text-align: right;">Humedad óptima (%) = 7.4</p> <p style="text-align: right;">Contenido de Cemento (%) = 2</p> <p style="text-align: right;">Contenido de Aceite (%) = 5</p>													
Ensayo	Nº CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Área	Resistencia	Peso de agua	Peso del suelo seco	Resistencia Mínima	Densidad seca	Peso Unitario seco
			g	DD/MM/AAAA	Días	KN	cm ²	kgf/cm ²	g	g	Mpa	g/cm ³	KN/m ³
1	10.15	10.15	6124	28/06/2023	7	12.93	80.91	16.30	12.0	163.0	1.80	2.190	19.901
2	10.15	10.15	6126	28/06/2023	7	12.93	80.91	16.30	9.0	122.0	1.80	2.192	19.919
3	10.15	10.15	6125	28/06/2023	7	12.94	80.91	16.31	9.8	134.0	1.80	2.191	19.910
4	10.15	10.15	6123	28/06/2023	7	12.91	80.91	16.27	9.3	126.0	1.80	2.188	19.882
5	10.15	10.15	6123	28/06/2023	7	12.91	80.91	16.27	9.1	123.3	1.80	2.188	19.882
6	10.15	10.15	6124	28/06/2023	7	12.92	80.91	16.28	9.3	126.3	1.80	2.190	19.901
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Peso del suelo seco	Resistencia Mínima	CUMPLE	Promedio
	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	kgf	cm ²	kgf/cm ²	lb/ft ²	Mpa	Mpa	Mpa	Mpa	SI - NO	
1	21/06/2023	28/06/2023	7	1318.5	80.91	16.30	231.77	1.598	1.80	1.598	1.80	No Cumple	1.597
2	21/06/2023	28/06/2023	7	1318.5	80.91	16.30	231.77	1.598	1.80	1.598	1.80	No Cumple	
3	21/06/2023	28/06/2023	7	1319.3	80.91	16.31	231.91	1.599	1.80	1.599	1.80	No Cumple	
4	21/06/2023	28/06/2023	7	1316.8	80.91	16.27	231.48	1.596	1.80	1.596	1.80	No Cumple	
5	21/06/2023	28/06/2023	7	1316.8	80.91	16.27	231.48	1.596	1.80	1.596	1.80	No Cumple	
6	21/06/2023	28/06/2023	7	1317.7	80.91	16.28	231.62	1.597	1.80	1.597	1.80	No Cumple	
<p>Observaciones: Método de Ensayo "A"</p> <p>* El resultado es muy disperso para realizar el promedio</p>													

Figura 75. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 5% (A.M.R.) más 2% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°14. Ensayo de Materiales Adicionando 5% de Aceite de Motor Reciclado más 3% Cemento Portlant Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAVELICA - 2023			
LUGAR	:	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCAVELICA	MUESTRA	M-2	
CANTERA	:	SAN VICENTE	TRINCERA	---	
UBICACIÓN	:	KM. 4+200	ACCESO	:	0.02 KM
DOSIFICACIÓN	:	5% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 3% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.
				FECHA	28/06/2023
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	11275	11466	11503	11413
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491
Peso suelo húmedo compactado	g	4784	4975	5012	4922
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	2.256	2.347	2.364	2.322
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3
Peso del suelo húmedo+tara	g	552.3	538.2	523.7	678.3
Peso del suelo seco + tara	g	526.0	503.0	480.0	610.0
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	26.3	35.2	43.7	68.3
Peso del suelo seco	g	526.0	503.0	480.0	610.0
Contenido de agua	%	5.00	7.00	9.10	11.20
Peso volumétrico seco	g/cm ³	2.149	2.193	2.167	2.088
				Densidad máxima (g/cm ³)	2.193
				Humedad óptima (%)	7.2

RELACIÓN HUMEDAD-DENSIDAD

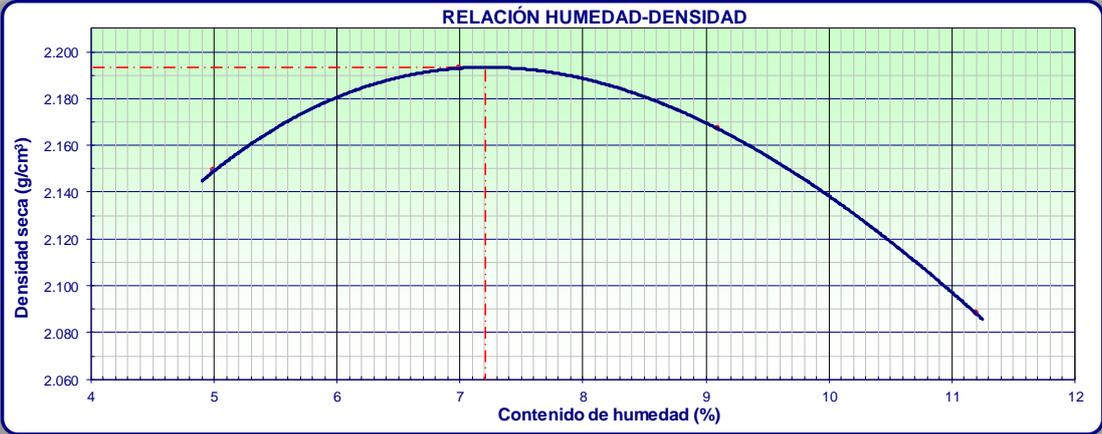


Figura 76. Proctor Modificado, al 5% (A.M.R.) más 3% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND												
LUGAR	TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
CANTERA	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA												
UBICACIÓN	SAN VICENTE												
DOSIFICACIÓN	5% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 3% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
MUESTRA	M-2												
TRINGERA	---												
HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.												
FECHA	05/07/2023												
ACCESO	0.02 KM												
DATOS DE MOLDE													
Nº de Molde	1												
Volumen del Molde (cm ³)	942												
Peso del Molde (g)	3909												
DATOS DE MUESTRA													
Densidad máxima (g/cm ³)	=	2.193											
Humedad óptima (%)	=	7.2											
Contenido de Cemento (%)	=	3											
Contenido de Aceite (%)	=	5											
DATOS DE MUESTRA													
Nº CÓDIGO	Diámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda g/cm ³	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso tara	Peso de agua	Peso del suelo seco	Contenido de agua %	Densidad seca g/cm ³	Peso Unitario seco kN/m ³	
1	10.15	6128	2219.2	2.356	128.6	120.0	0.0	8.6	120.0	7.18	2.198	19.973	
2	10.15	6129	2219.6	2.356	150.0	140.0	0.0	10.0	140.0	7.15	2.199	19.982	
3	10.15	6128	2218.8	2.355	203.6	190.0	0.0	13.6	190.0	7.16	2.198	19.973	
4	10.15	6122	2213.1	2.349	174.8	163.0	0.0	11.8	163.0	7.23	2.191	19.910	
5	10.15	6125	2215.8	2.352	183.4	171.0	0.0	12.4	171.0	7.26	2.193	19.928	
6	10.15	6126	2217.0	2.353	153.3	143.0	0.0	10.3	143.0	7.22	2.195	19.946	
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rótura	Edad	Carga	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia Mínima	CUMPLE	Promedio
Nº CÓDIGO	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	KN	kgf	cm ²	kgf/cm ²	lb/in ²	Mpa	Mpa	Mpa	SI - NO	
1	28/06/2023	05/07/2023	7	13.06	1331.7	80.91	16.46	234.09	1.614	1.80	1.80	No Cumple	1.613
2	28/06/2023	05/07/2023	7	13.07	1332.5	80.91	16.47	234.24	1.615	1.80	1.80	No Cumple	
3	28/06/2023	05/07/2023	7	13.05	1330.9	80.91	16.45	233.95	1.613	1.80	1.80	No Cumple	
4	28/06/2023	05/07/2023	7	13.04	1330.0	80.91	16.44	233.80	1.612	1.80	1.80	No Cumple	
5	28/06/2023	05/07/2023	7	13.06	1331.7	80.91	16.46	234.09	1.614	1.80	1.80	No Cumple	
6	28/06/2023	05/07/2023	7	13.04	1330.0	80.91	16.44	233.80	1.612	1.80	1.80	No Cumple	

Observaciones: Método de Ensayo "A"

* El resultado es muy disperso para realizar el promedio

Figura 77. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 5% (A.M.R.) más 3% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°15. Ensayo de Materiales Adicionando 5% de Aceite de Motor Reciclado más 4% Cemento Portland Tipo I

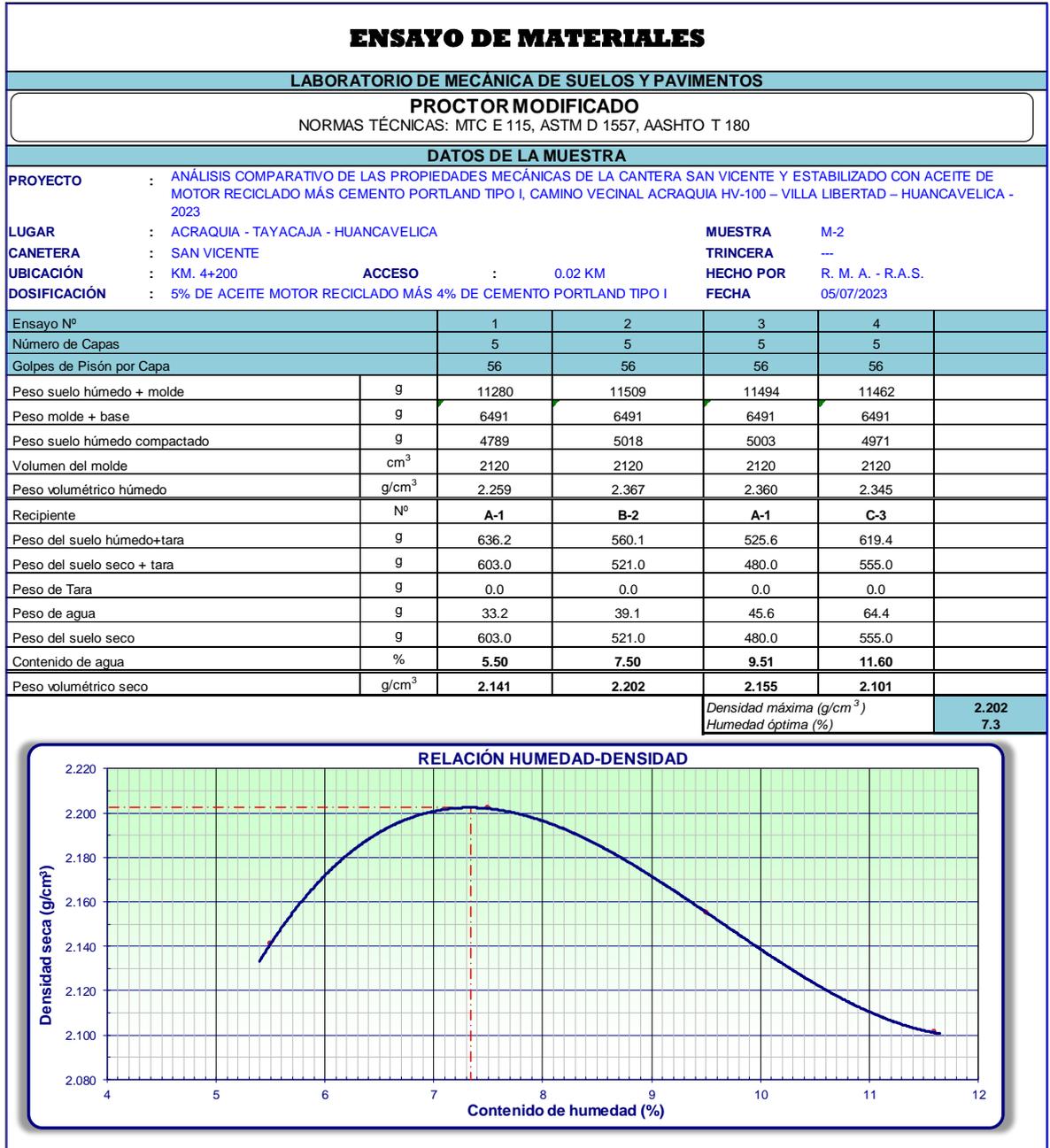


Figura 78. Proctor Modificado, al 5% (A.M.R.) más 4% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°16. Ensayo de Materiales Adicionando 5% de Aceite de Motor

Reciclado más 5% Cemento Portlant Tipo I

ENSAYO DE MATERIALES					
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS					
PROCTOR MODIFICADO					
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180					
DATOS DE LA MUESTRA					
PROYECTO	:	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023			
LUGAR	:	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA		MUESTRA	M-2
CANTERA	:	SAN VICENTE		TRINCERA	---
UBICACIÓN	:	KM. 4+200	ACCESO	:	0.02 KM
DOSIFICACIÓN	:	5% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I		HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.
				FECHA	12/07/2023
Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	g	10642	10945	11085	10874
Peso molde + base	g	6491	6491	6491	6491
Peso suelo húmedo compactado	g	4151	4454	4594	4383
Volumen del molde	cm ³	2120	2120	2120	2120
Peso volumétrico húmedo	g/cm ³	1.958	2.101	2.167	2.068
Recipiente	N°	A-1	B-2	A-1	C-3
Peso del suelo húmedo+tara	g	549.7	531.9	615.7	473.5
Peso del suelo seco + tara	g	521.0	495.0	562.0	425.0
Peso de Tara	g	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso de agua	g	28.7	36.9	53.7	48.5
Peso del suelo seco	g	521.0	495.0	562.0	425.0
Contenido de agua	%	5.50	7.46	9.55	11.40
Peso volumétrico seco	g/cm ³	1.856	1.955	1.978	1.856
				Densidad máxima (g/cm ³)	1.985
				Humedad óptima (%)	8.9

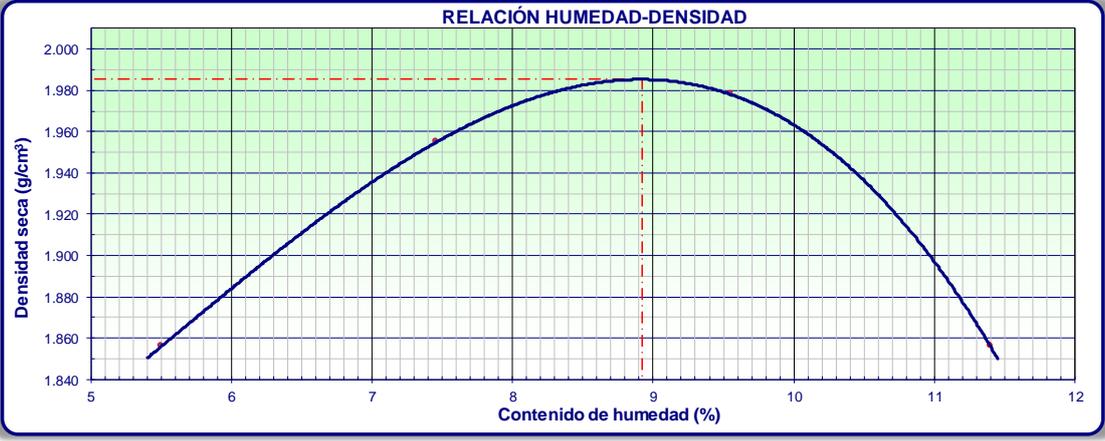


Figura 80. Proctor Modificado, al 5% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN DE PROBETAS DE SUELO - CEMENTO													
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, MTC E 1103, ASTM D 559, ASTM D 1633													
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS													
DATOS DE LA MUESTRA													
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND												
LUGAR	TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCVELICA - 2023												
CANTERA	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCVELICA												
UBICACIÓN	SAN VICENTE												
DOSIFICACIÓN	5% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I												
MUESTRA	M-2												
TRINCERA	---												
HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.												
FECHA	19/07/2023												
ACCESO	0.02 KM												
DATOS DE MOLDE													
Nº de Molde	1												
Volumen del Molde (cm ³)	942												
Peso del Molde (g)	3909												
Densidad máxima (g/cm ³)	1.985												
Humedad óptima (%)	8.9												
Contenido de Cemento (%)	5												
Contenido de Aceite (%)	5												
DATOS DE MUESTRA													
Nº CÓDIGO	Díámetro (cm)	Peso suelo húmedo + molde	Peso suelo húmedo compactado	Densidad húmeda (g/cm ³)	Peso suelo húmedo+tara	Peso suelo seco + tara	Peso Tara (g)	Peso de agua (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	Densidad seca (g/cm ³)	Peso Unitario seco (kN/m ³)	
1	10.15	5946	2037.3	2.163	137.2	126.0	0.0	11.2	126.0	8.90	1.986	18.047	
2	10.15	5947	2037.8	2.163	196.0	180.0	0.0	16.0	180.0	8.87	1.987	18.056	
3	10.15	5949	2039.6	2.165	209.4	192.3	0.0	17.1	192.3	8.91	1.988	18.065	
4	10.15	5947	2037.5	2.163	177.7	163.2	0.0	14.5	163.2	8.91	1.986	18.047	
5	10.15	5946	2036.8	2.162	169.7	155.8	0.0	13.9	155.8	8.93	1.985	18.038	
6	10.15	5943	2033.7	2.159	174.3	160.1	0.0	14.2	160.1	8.87	1.983	18.020	
Ensayo	Fecha de Moldeo	Fecha de Rotura	Edad	Carga	Carga	Área	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia	Resistencia Mínima	CUMPLE	Promedio
Nº CÓDIGO	DD/MM/AAAA	DD/MM/AAAA	Días	KN	kgf	cm ²	kgf/cm ²	lb/in ²	Mpa	Mpa	Mpa	SI - NO	
1	12/07/2023	19/07/2023	7	8.95	912.5	80.91	11.28	160.41	1.106	1.80	1.80	No Cumple	1.106
2	12/07/2023	19/07/2023	7	8.97	915.0	80.91	11.31	160.85	1.109	1.80	1.80	No Cumple	
3	12/07/2023	19/07/2023	7	8.95	912.5	80.91	11.28	160.41	1.106	1.80	1.80	No Cumple	
4	12/07/2023	19/07/2023	7	8.94	911.7	80.91	11.27	160.27	1.105	1.80	1.80	No Cumple	
5	12/07/2023	19/07/2023	7	8.93	910.9	80.91	11.26	160.12	1.104	1.80	1.80	No Cumple	
6	12/07/2023	19/07/2023	7	8.93	910.9	80.91	11.26	160.12	1.104	1.80	1.80	No Cumple	
Observaciones: Método de Ensayo "A"													
* El resultado es muy disperso para realizar el promedio													

Figura 81. Resistencia a la Compresión de Probetas de Suelo - Cemento, al 5% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ENSAYO DE MATERIALES															
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS															
HUMEDECIMIENTO Y SECADO DE MEZCLAS DE SUELO Y CEMENTO NORMAS TÉCNICAS: MTC E 1104, ASTM D 559, AASHTO T 135															
DATOS DE LA MUESTRA															
PROYECTO	ANÁLISIS COMPARATIVO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA CANTERA SAN VICENTE Y ESTABILIZADO CON ACEITE DE MOTOR RECICLADO MÁS CEMENTO PORTLAND TIPO I, CAMINO VECINAL ACRAQUIA HV-100 – VILLA LIBERTAD – HUANCAMELICA - 2023														
LUGAR	ACRAQUIA - TAYACAJA - HUANCAMELICA						MUESTRA	M-1							
CANETERA	SAN VICENTE						TRINCERA	1							
UBICACIÓN	KM. 4+200			ACCESO	0.02 KM			HECHO POR	R. M. A. - R.A.S.						
MATERIAL	MATERIAL GRANULAR														
DOSIFICACIÓN	5% DE ACEITE MOTOR RECICLADO MÁS 5% DE CEMENTO PORTLAND TIPO I														
Fecha de inicio de curado	12/07/2023			Peso Unitario	1.985			Clasificación del suelo según AASHTO			Promedio de agua ret. Después del secado a 110 °C (%)				
Fecha final de curado	19/07/2023			% de Humedad	8.92			A-1 / A-3			1.5				
Peso del espécimen	1979.0 g			P. espécimen Calculado	1817.0			A-2			2.5				
Ø prom.	10.15 mm							A-4 / A-5			3.0				
h prom.	11.60 mm							A-6 / A-7			3.5				
Ciclo	Sumergido en agua		Peso del espécimen	Medida inicial		Espécimen en el horno (71 ± 3 °C)		Peso del espécimen	Medida final		Peso del espécimen (Cepillado)	Volumen	Espécimen en el horno (110 ± 5 °C)		
	hora inicial	hora final		Ø prom.	h prom.	Fecha - hora (inicial)	Fecha - hora (final)		Ø prom.	h prom.					
Nº			g	mm	mm			g	mm	mm	g	%	g		
1	11:30	16:30	1996.0	10.15	10.60	19/07/2023 16:40	21/07/2023 10:40	1970.2	---	---	1949.8	---			
2	11:40	16:40	1968.4	---	---	21/07/2023 16:50	23/07/2023 10:50	1946.5	---	---	1924.9	---			
3	11:50	16:50	1941.2	---	---	23/07/2023 17:00	25/07/2023 11:00	1921.4	---	---	1898.5	---			
4	12:00	17:00	1918.1	---	---	25/07/2023 17:10	27/07/2023 11:10	1896.2	---	---	1873.2	---			
5	12:10	17:10	1895.9	---	---	27/07/2023 17:20	29/07/2023 11:20	1870.2	---	---	1846.6	---			
6	12:20	17:20	1866.6	---	---	29/07/2023 17:30	31/07/2023 11:30	1845.3	---	---	1822.5	---			
7	12:30	17:30	1845.5	---	---	31/07/2023 17:40	02/08/2023 11:40	1819.4	---	---	1795.8	---			
8	12:40	17:40	1823.8	---	---	02/08/2023 17:50	04/08/2023 11:50	1792.4	---	---	1767.9	---			
9	12:50	17:50	1792.9	---	---	04/08/2023 18:00	06/08/2023 12:00	1763.5	---	---	1737.2	---			
10	13:00	18:00	1763.2	---	---	06/08/2023 18:10	08/08/2023 12:10	1733.6	---	---	1706.2	---			
11	13:10	18:10	1730.2	---	---	08/08/2023 18:20	10/08/2023 12:20	1702.1	---	---	1673.5	---			
12	13:20	18:20	1703.5	---	---	10/08/2023 18:30	12/08/2023 12:30	1669.6	---	---	1639.9	---	1516.0		
Peso seco al Horno corregido			1479.0 g												
Pérdida de suelo-cemento			19%												
Resultado				Suelo por estabilizar				Pérdida máxima (%)				Cumple			
19%				A-2-4				14				No			

Figura 82. Humedecimiento y Secado de Mezcla de Suelo y Cemento, al 5% (A.M.R.) más 5% (C.P. Tipo I).

Fuente. Elaboración Propia.

ANEXO N°17. Del proyecto “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL HV-100 (ACRAQUIA) - VILLA LIBERTAD - TÚPAC AMARU - ESPERANZA - FLORIDA - LANZA (EMP. PE-3S)”. de la Memoria Descriptiva, folio 000084 y pagina 73.

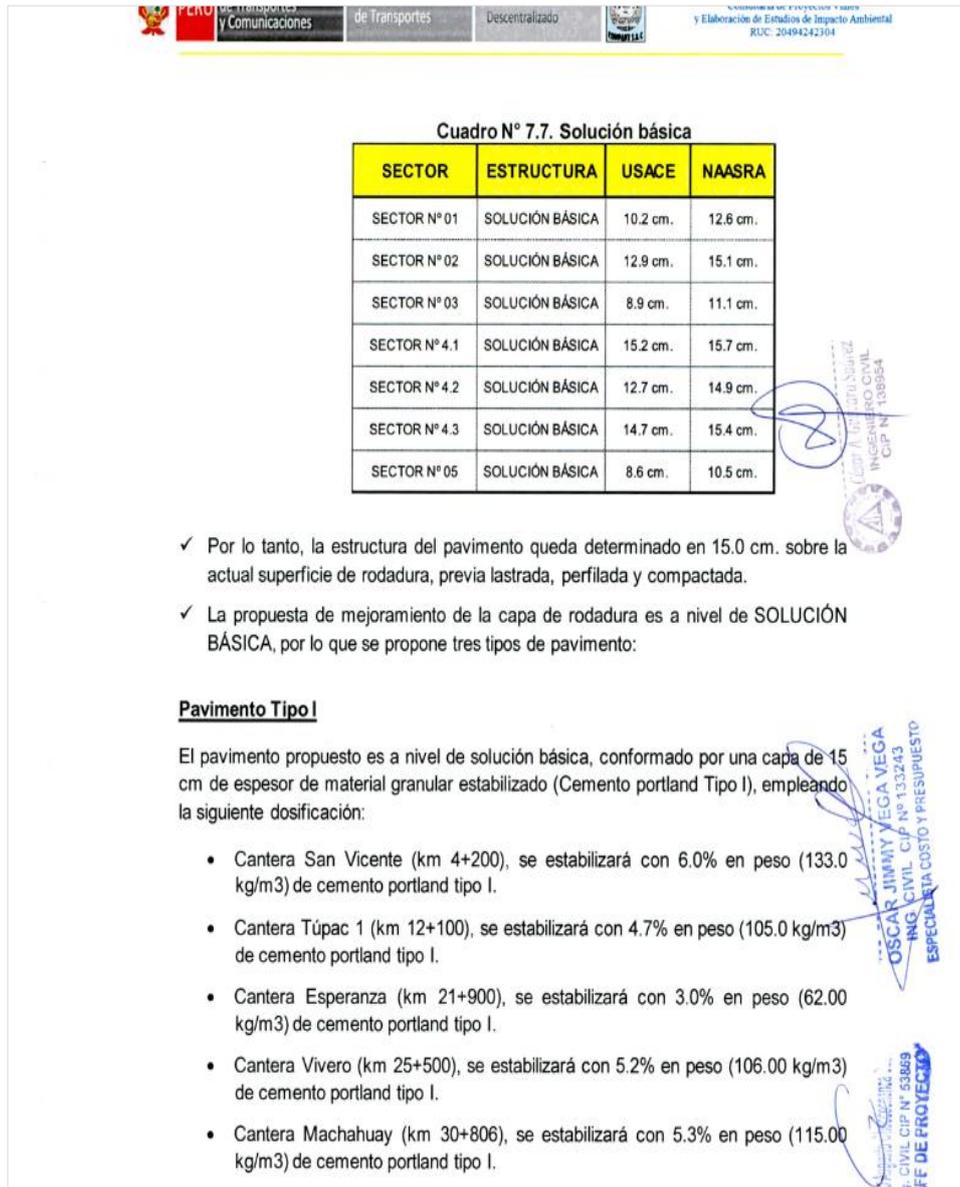


Figura 83. Memoria Descriptiva

Fuentes: “REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL HV-100 (ACRAQUIA) - VILLA LIBERTAD - TÚPAC AMARU - ESPERANZA - FLORIDA - LANZA (EMP. PE-3S)”.

ANEXO N°18. REPORTE FOTOGRÁFICO



Figura 84. Toma de muestra según la Guía para muestreo de suelos y rocas (MTC E 101) –
Cantera San Vicente

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 85. Toma de muestra según la Guía para muestreo de suelos y rocas (MTC E 101) –
Cantera San Vicente.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 86. Aceite de motor reciclado

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 87. Cemento Portland tipo I

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 88. Mezcla de Aceite de motor reciclado, cemento portland tipo I y material granular de la cantera San Vicente

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 89. Mezcla de cemento portland tipo I y material granular de la cantera San Vicente

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 90. Mezcla de Aceite de motor reciclado, cemento portland tipo I y material granular de la cantera San Vicente

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 91. Extracción de probeta.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 92. Probetas de suelo con las dosificaciones para el diseño.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 93. Probetas de suelo con las dosificaciones para el diseño.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 94. Curado de Probetas de suelo con las dosificaciones para diseño.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 95. Curado de Probetas de suelo con las dosificaciones para diseño.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 96. Resistencia a la Compresion Probetas de suelo con las dosificaciones para diseño.

Fuente: Elaboración Propia.



Figura 97. Resistencia a la Compresion Probetas de suelo con las dosificaciones para diseño.

Fuente: Elaboración Propia.