



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima – 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniera Civil

AUTORA:

Br. Reyes Mejía, Daffne Ximena (ORCID: 0000-0003-0200-8359)

ASESOR:

Mg. Ing. Arriola Moscoso Cecilia (ORCID: 0000-0003-2497-294X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2019

DEDICATORIA

Esta investigación va dedicada:

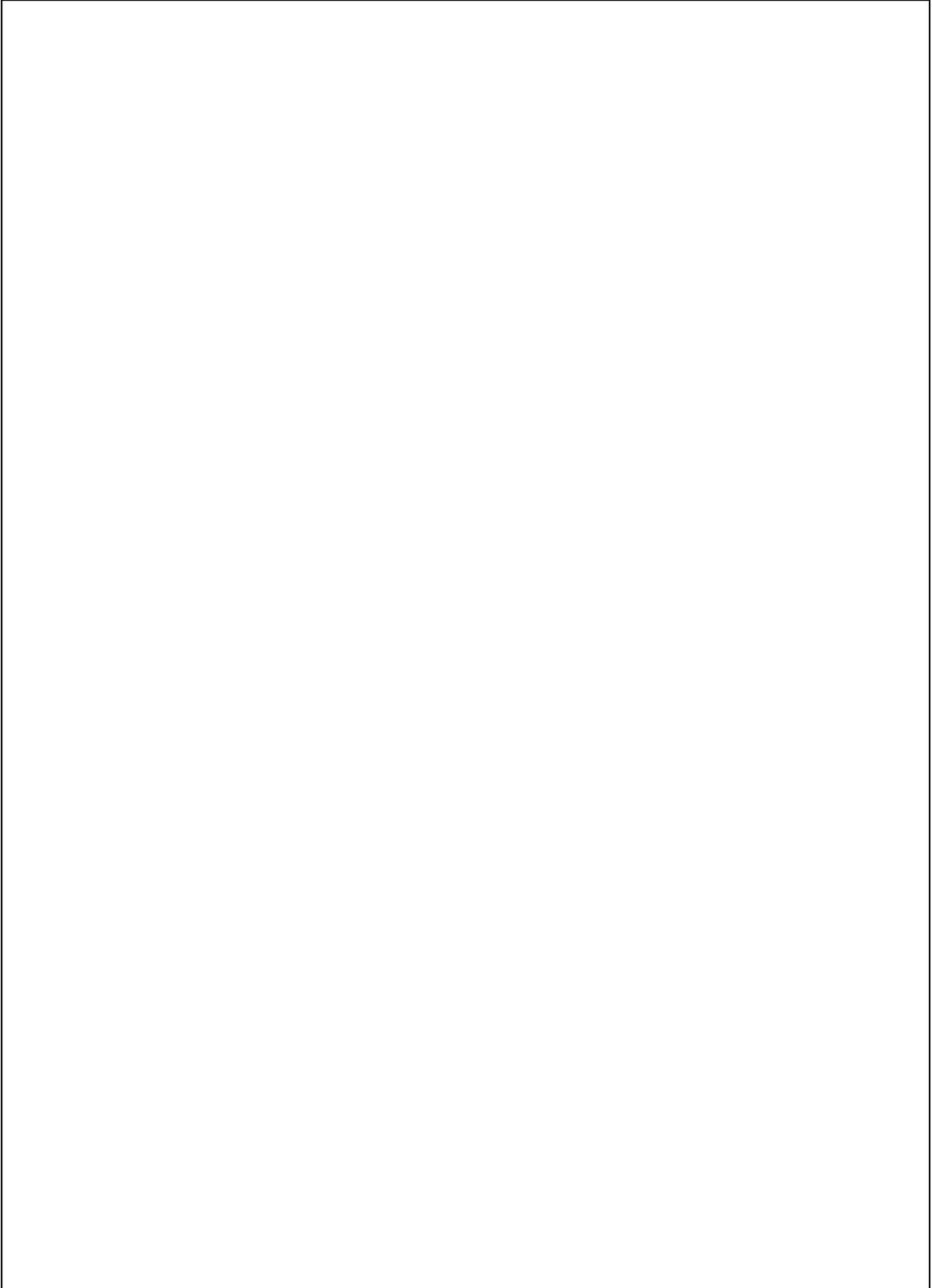
Primeramente, a Dios por haberme guiado en todo mi camino, así mismo a mis padres Marildo y Delia por su ayuda en todos los aspectos y de la misma forma a mis hermanos Andre y Luis y mi pareja Kevin que de una manera u otra fueron participes para llegar a este punto.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, a Dios que me apoyo brindándome las facilidades para poder lograr todo lo que me proponía. Luego a mis padres ya que sin ellos no hubiera podido realizar esta meta, por haberme dado los ánimos y apoyo en todo este largo camino.

A la Ing. Cecilia Arriola Moscoso que me apoyo en todo el transcurso de la investigación y los docentes que estuvieron en toda la etapa profesional.

PÁGINA DEL JURADO



DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, **REYES MEJIA, Daffne Ximena** estudiante de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo sede Lima Norte, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Informe de Investigación titulado:

“Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019”, es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

Lima 17 de diciembre del 2019

Apellidos y Nombres del Autor REYES MEJIA, Daffne Ximena	
DNI: 77201340	Firma 
ORCID:0000-0003-0200-8359	



PRESENTACIÓN

Distinguidos miembros del Jurado:

Presento ante ustedes la investigación que lleva como título: “Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019”, en lo cual estuvo compuesto por VI capítulos, que fueron basándose en la guía de productos observables de la Universidad Cesar Vallejo.

Capítulo I: Introducción, la tesis estuvo enfocada en conocer los efectos al reutilizar los residuos de cerámica roja que hay en gran incremento en nuestro país, viendo una manera de beneficiar, en la parte ambiental, económico y como estabilizante para su empleo en la subbase del pavimento flexible, llegando a plantear como problema general: ¿Cuáles son los efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019?, así mismo como objetivo general el de: Identificar los efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Capitulo II: Método, la investigación se llegó a definir con un diseño experimental de enfoque cuantitativo, teniendo como variable independiente al “residuo de cerámica roja” y la variable dependiente a la “subbase del pavimento flexible”, a una población infinita por enfocarse en los ensayos que se le sometieron al suelo y a las dosificaciones del suelo más el residuo de cerámica roja, teniendo una muestra de 24 ensayos que fueron respecto a los ensayos físicos como granulometría, limite líquido, limite plástico y los ensayos mecánicos como el ensayo de desgaste, Próctor modificado y CBR.

Capitulo III: Resultados, para llegar a este punto se tuvo primero que recolectar el material natural del suelo que fue en la cantera de la Molina, y el residuo se obtuvo en los distritos de Callao y San Martín de Porres, en lo cual al obtener el material reciclado se tuvo que pasar a triturar manualmente con la ayuda de un mazo obteniendo rango de diámetro mayor y menor a 0.075mm, para luego pasar a los ensayos que se habían especificado, de esa forma poder conocer que al mezclar este material pueda mejorar al suelo, llegando a verificarlo con las normas de Ce Pavimento Urbanos y el Método AASHTO 93.

Capítulo IV: Discusión, para realizar este capítulo se empleó con los antecedentes que habían sido mencionados tanto nacionales e internacionales que estuvieron más enfocados en los objetivos que se habían establecido en la investigación, de esa manera poder comparar y refutar con los otros autores, esto teniendo en consideración diversos aspectos como la variación del suelo y más si se trata de una investigación internacional como fue en este caso todo ello basándose en las normas de pavimentos que existe en el Perú y el del Método AASHTO 93 que es en EE.UU.

Capítulo V: Conclusiones, se pudo llegar a concluir que al emplear el residuo de cerámica roja llegó a mejorar el suelo, teniendo diversos resultados, para el suelo natural, y dosificaciones de suelo más residuo de 12.5% r.c.r, 25% r.c.r y 50% r.c.r, en lo cual para el suelo solo se obtuvo un CBR mínimo de 15.2% a comparación del 50% r.c.r teniendo un CBR de 40.8%.

Capítulo VI: Recomendaciones, para este capítulo cada recomendación fue en base a cada conclusión realizada, en lo que más resalta de las recomendaciones fue el de emplear un mejor suelo para futuras investigaciones ya que al emplearse con un suelo de característica limosa tuvo al realizar el CBR para el material natural tuvo un resultado bajo, esto hubiera sido muy diferente si se hubiera empleado un suelo con una mejor capacidad portante, conociendo que al incluir el residuo esto llega a aumentar el CBR.

Referencias: En este punto se mencionó a todos los autores que se emplearon para la presente investigación en donde se utilizaron diversas tesis, revistas, artículos entre otros, en lo cual fue respecto en base al ISO 690.

Anexos: En este punto, estuvo compuesto por los planos en donde se extrajo el suelo y los residuos de cerámica roja, así mismo los cuadros en donde se desechó el material que no pertenecía al residuo de cerámica roja y el material obtenido para la investigación, las fotos de los ensayos en el laboratorio de igual forma el instrumento y su validación por el juicio de expertos y finalmente los resultados e informe que fueron entregados por parte del laboratorio.

ÍNDICE

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	xiv
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	39
2.1 Tipo y diseño de investigación.....	40
2.2 Operacionalización de variables.....	41
2.3 Población, muestra y muestreo.....	43
2.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	44
2.5 Procedimiento.....	47
2.6 Método de análisis de datos.....	48
2.7 Aspectos éticos.....	48
III. RESULTADOS.....	49
3.1 Descripción de la zona de estudio.....	50
3.2 Análisis de resultados.....	59
3.3 Contrastación de hipótesis.....	127
IV. DISCUSIÓN.....	132
V. CONCLUSIONES.....	138
VI. RECOMENDACIONES.....	141
REFERENCIAS.....	143
ANEXOS.....	151

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Residuo de cerámica roja-ladrillos.....	2
Figura 2. Terraplén construido con residuos de cerámica roja santa Catarina Brasil.....	3
Figura 3. Empleo de residuo de cerámica roja como revestimiento en carretera	3
Figura 4. La cantera de la molina avenida. La molina a la altura de musa.....	5
Figura 5. Vista exterior de las canteras de la molina desde la avenida.....	5
Figura 6. Residuo de ceramica roja-tejas.....	15
Figura 7. Proceso de secado por atomización.....	17
Figura 8. La cantera de la molina.....	18
Figura 9. Material de la cantera de la molina.....	19
Figura 10. Terreno llano de la cantera de la molina.....	19
Figura 11. Ensayo de granulometría de los residuos de cerámica roja.....	21
Figura 12. Límite líquido.....	23
Figura 13. Límite de Atterberg-aparato de Casagrande.....	23
Figura 14. Límite plástico.....	25
Figura 15. Suelo de la cantera de la molina.....	26
Figura 16. Residuo de cerámica roja.....	26
Figura 17. Capas del pavimento flexible	27
Figura 18. Estructura del pavimento flexible.....	28
Figura 19. Detalles del pavimento flexible corte A-A.....	29
Figura 20. Detalles del pavimento flexible corte B-B.....	29
Figura 21. Curva de compactación- energía normal y modif.....	32
Figura 22. Ensayo de compactación.....	32
Figura 23. Desgaste los Ángeles.....	33
Figura 24. Ensayo de CBR.....	35
Figura 25. Lugar de extracción del suelo.....	50
Figura 26. Suelo Limoso de la Cantera.....	50
Figura 27. Av. Central y Av. Canta Callao.....	51
Figura 28. Av. Acapulco en la dirección de la Av. Néstor Gambeta Callao.....	51
Figura 29. Residuo de cerámica roja obtenida.....	52

Figura 30. Residuo de cerámica roja obtenida.....	52
Figura 31 Extracción del suelo de la cantera.....	54
Figura 32. Lugar donde se encontro el residuo de cerámica roja.....	54
Figura 33. Colocación del residuo en el auto.....	54
Figura 34. Material del residuo triturado.....	55
Figura 35. Material incorporado en el saco.....	55
Figura 36. Tamiz y material empleado en la Granulometría.....	56
Figura 37. Ensayo de Limite Liquido.....	56
Figura 38. Ensayo de Limite Plástico.....	56
Figura 39. Máquina de los Ángeles empleado.....	57
Figura 40. Ensayo de Compactación con el Proctor Modificado.....	58
Figura 41. Máquina para el ensayo de CBR.....	58
Figura 42. Ensayo Proctor Modificado 100% suelo.....	61
Figura 43. Ensayo Proctor Modificado 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R.....	64
Figura 44. Ensayo Proctor Modificado 75% Suelo + 25% R.CR.....	66
Figura 45: Ensayo Proctor Modificado 50% Suelo + 50% R.C.R.....	69
Figura 46: Resumen de resultados de ensayos.....	72
Figura 47: CBR 100% Suelo (12 golpes).....	72
Figura 48. CBR 100% Suelo (25 golpes).....	73
Figura 49. CBR 100% Suelo (56 golpes).....	73
Figura 50. Resumen de resultados de ensayos CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R.....	77
Figura 51. CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R (12 golpes).....	77
Figura 52. CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R (25 golpes).....	78
Figura 53. CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R (56 golpes).....	78
Figura 54. Resumen de resultados de ensayos.....	82
Figura 55. CBR 75% suelo + 25% R.C.R (12 golpes).....	82
Figura 56. CBR 75% suelo + 25% R.C.R (25 golpes).....	83
Figura 57. CBR 75% suelo + 25% R.C.R (56 golpes).....	83
Figura 58. Resumen de resultados de ensayos.....	87
Figura 59. CBR 50% Suelo + 50% R.C.R (12 golpes).....	88

Figura 60. CBR 50% Suelo + 50% R.C.R (25 golpes).....	88
Figura 61. CBR 50% suelo + 50% R.C.R (56 golpes).....	89
Figura 62. Comparación de los ensayos con el Proctor Modificado.....	93
Figura 63. Comparación de los ensayos de CBR (12 golpes).....	95
Figura 64. Comparación de los ensayos de CBR (25 golpes).....	95
Figura 65. Comparación de los ensayos de CBR (56 golpes).....	96
Figura 66. Análisis Granulométrico por Tamizado del suelo.....	99
Figura 67. Análisis Granulométrico por Tamizado del residuo de cerámica roja.....	101
Figura 68. Ensayo granulométrico comparativo del suelo y r.c.r.....	104
Figura 69. Análisis Granulométrico por Tamizado de 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.....	105
Figura 70. Análisis Granulométrico por Tamizado de 75% suelo + 25% R.C.R.....	108
Figura 71: Análisis Granulométrico por Tamizado de 50% suelo + 50% R.C.R.....	111
Figura 72: Comparativo de Análisis Granulométrico.....	114
Figura 73: Límite de Consistencia 100% suelo.....	116
Figura 74: Límite de Consistencia de 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.....	118
Figura 75: Límite de Consistencia de 75% suelo+25%R.C. R.....	120
Figura 76: Límites de Consistencia de 50% Suelo + 50% R.C.R.....	121
Figura 77: Comparación del límite de consistencia.....	123
Figura 78. Comparación de CBR a 1” respecto al suelo natural y el de 50% suelo + 50% r.c.r a 12,25 y 56 gol.....	126
Figura 79. Comparación de CBR a 2” respecto al suelo natural y el de 50% suelo + 50% r.c.r a 12,25 y 56 gol.....	126
Figura 80. Plano de ubicación de la cantera de musa en el distrito de La Molina-Vista total del distrito.....	163
Figura 81. Plano de ubicación de la cantera de musa del distrito de La Molina-Vista de cerca con la que se empleara material para la subbase.....	164
Figura 82. Vista Satelital del lugar donde se extrajo el suelo limoso de la Cantera de Molina en Musa a través de Google Arath con coordenadas de 12°05’00’’ S y 76°53’17’’ al Oeste.....	165

Figura 83. Vista al entrar a la cantera de la Molina en Musa.....	166
Figura 84. Vista lateral de la cantera de la Molina en Musa.....	166
Figura 85. Vista de los lados de la cantera en donde se sacó el suelo.....	166
Figura 86. Vista de los lados de la cantera en donde se sacó el suelo.....	166
Figura 87. Vista de frente de la cantera en donde se sacó el material.....	167
Figura 88. Vista desde adentro de la cantera en donde se sacó el suelo.....	167
Figura 89. Suelo de la cantera que se obtuvo que es de una clasificación limosa.....	167
Figura 90. Extracción del suelo para los ensayos en laboratorio.....	167
Figura 91. Plano de ubicación de los residuos de cerámica roja en el distrito de San Martín de Porres -Vista total del distrito.....	168
Figura 92. Plano de ubicación del residuo de cerámica roja en el distrito San Martín de Porres Vista de cerca, ubicado en el cruce de la Av. Central y Av. Santa Callao.....	169
Figura 93. Plano de ubicación de los residuos de cerámica roja en el distrito del Callao -Vista total del distrito.....	170
Figura 94. Plano de ubicación del residuo de cerámica roja en el distrito del Callao -Vista de cerca, ubicado en la calle 6 con intercepción de la Av. Acapulco en dirección de la Av. Néstor Gambetta Callao.....	171
Figura 95. Residuos de Cerámica Roja obtenidas del distrito del Callao.....	172
Figura 96. Vista del material donde se encontró diversos materiales junto con concreto....	172
Figura 97. Residuos de Cerámica Roja del distrito de San Martín de Porres lugar mencionado con anterioridad.....	172
Figura 98. Colocación del residuo en la movilidad para ser llevados a triturar para que pase a los ensayos de laboratorio.....	172
Figura 99. Llenado de agua en la tina de plástico en donde se colocó el residuo.....	173
Figura 100. Material de residuo de cerámica roja con concreto.....	173
Figura 101. Ladrillo King Kong macizo obtenido de residuo.....	173
Figura 102. Luego de que el residuo ha sido pasado por el agua facilitara del proceso de ser triturado.....	173
Figura 103. Material de concreto que fue desechado como los materiales de residuo fueron	

más ladrillo macizo se tuvo poco.....	173
Figura 104. Material que se obtuvo del residuo de cerámica roja después de ser triturado que representa como agregado fino y grueso.....	173
Figura 105. Tamices empleados para la granulometría.....	177
Figura 106. Copa de Casagrande para el ensayo de limite líquido.....	177
Figura 107. Placa de vidrio para el ensayo de limite plástico.....	178
Figura 108. Muestra del material empleado para los ensayos.....	178
Figura 109. Material de residuo de cerámica roja empleado en los ensayos.....	179
Figura 110. Reconocimiento del material después de salir del horno durante 24h.	179
Figura 111. Se inició a realizar el ensayo de granulometría.....	180
Figura 112. Ensayo de limite liquido con los materiales llevado al lab. dando un total de 25 golpes con la copa de Casagrande.....	180
Figura 113. Ensayo de compactación- Proctor modificado Método A, 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.....	181
Figura 114. Ensayo de compactación Método A, 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.....	181
Figura 115. Ensayo de compactación Método A, 75% suelo + 25% R.C.....	182
Figura 116. Ensayo de compactación Método A, 50% suelo + 50% R.C.R.....	182
Figura 117. Ensayo de compactación con el Proctor modificado Método A, 50% suelo + 50% R.C.R.....	183
Figura 118. Equipo de CBR empleó para conocer los datos y la penetración por pulgadas.	183
Figura 119. Recolección de los datos por los encargados del lab.....	184
Figura 120. Máquina de los Ángeles que se empleó para el método D con 6 esferas.....	184

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Requerimiento que se emplea en la granulometría al suelo para la subbase.....	21
Tabla 2: Clasificación del suelo.....	22
Tabla 3. Requerimiento para la calidad en la subbase.....	23
Tabla 4. Requisitos para la calidad en la subbase granular.....	25
Tabla 5: Índice de Plasticidad del suelo según su plasticidad.....	25
Tabla 6. Requisitos para de compactación para el pavimento flexible.....	31
Tabla 7. Comparación del contenido de humedad de los suelos.....	31
Tabla8. Densidad de los tipos de suelos de SUCS.....	32
Tabla 9. Requerimiento de calidad para subbase granular.....	33
Tabla 10. Requisitos para CBR para el pavimento flexible.....	35
Tabla 11: Requerimiento de CBR según el Método AASHTO 93.....	35
Tabla 12. Resumen de ensayo para las características físicas.....	43
Tabla 13. Resumen de muestra en relación suelo-rcr.....	44
Tabla 14. Validación de expertos.....	45
Tabla 15. Niveles de coeficiente de confiabilidad.....	46
Tabla 16. Resumen de cantidad de muestra de suelo para los ensayos.....	53
Tabla 17: Resumen de cantidad de muestra de R.C.R para los ensayos.....	53
Tabla 18. Resultados del Ensayo de Desgaste.....	59
Tabla 19. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	61
Tabla 20. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	62
Tabla 21. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	64
Tabla 22. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	65
Tabla 23. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	67
Tabla 24. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	68
Tabla 25. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	69
Tabla 26. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	70
Tabla 27. Resultados del Ensayo de CBR 100% Suelo.....	74
Tabla 28. Tiempo en relación a la penetración.....	75
Tabla 29. Resultados del Ensayo de CBR 100% Suelo.....	76

Tabla 30. Resultados del Ensayo de CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R.....	79
Tabla 31. Tiempo en relación a la penetración.....	80
Tabla 32. Resultados del Ensayo de 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R.....	81
Tabla 33. Resultados del Ensayo de CBR 75% Suelo + 25% R.C.R.....	84
Tabla 34. Tiempo en relación a la penetración.....	85
Tabla 35. Resultados del Ensayo de CBR 75% Suelo + 25% R.C.R.....	86
Tabla 36. Resultados del Ensayo de CBR 50% suelo + 50% R.C.R.....	89
Tabla 37. Tiempo en relación a la penetración.....	91
Tabla 38. Resultados del Ensayo de CBR 50% suelo + 50% R.C.R.....	91
Tabla 39. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	93
Tabla 40. Resultados del ensayo Proctor Modificado.....	94
Tabla 41. Resultados de los ensayos de CBR (56 golpes).....	96
Tabla 42. Comparación de CBR (56 golpes).....	97
Tabla 43. Resultados de los ensayos de CBR (25 golpes).....	97
Tabla 44. Comparación de CBR (25 golpes).....	97
Tabla 45. Resultados de los ensayos de CBR (12 golpes).....	98
Tabla 46. Comparación de CBR a 12 golpes.....	98
Tabla 47. Resultados de Análisis Granulométrico.....	100
Tabla 48. Resultados de Análisis Granulométrico.....	102
Tabla 49. Clasificación de la muestra.....	103
Tabla 50. Resultados de Análisis Granulométrico.....	106
Tabla 51. Clasificación de la muestra.....	107
Tabla 52. Resultados de Análisis Granulométrico.....	109
Tabla 53. Clasificación de la muestra.....	110
Tabla 54. Resultados de Análisis Granulométrico.....	112
Tabla 55. Clasificación de la muestra.....	113
Tabla 56. Comparación del material y las dosificaciones.....	115
Tabla 57. Resultados de los Limites de Consistencia del 100% suelo.....	117
Tabla 58. Contenido de humedad de solo suelo.....	117

Tabla 59. Resultados de los Limites de Consistencia de 12.5% R.C.R.....	118
Tabla 60. Contenido de humedad de 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R.....	119
Tabla 61. Resultados de los Limites de Consistencia del 75% suelo + 25% R.C.R.....	120
Tabla 62. Contenido de humedad de 75% suelo + 25% R.C.R.....	120
Tabla 63. Resultados de los Limites de Consistencia del 50% suelo + 50% R.C.R.....	122
Tabla 64. Contenido de humedad de 50% suelo + 50% R.C.R.....	122
Tabla 65. Resultados del límite líquido a los 25 golpes.....	123
Tabla 66. Recolección de datos del material reutilizado.....	125
Tabla 67. Recolección de datos del material reutilizado.....	125
Tabla 68. Cuadro de operacionalización de variables.....	152
Tabla 69. Matriz de consistencia de la investigación.....	153

RESUMEN

La presente tesis, titulada: “Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019” tuvo como objetivo en determinar los efectos de la reutilización del residuo de cerámica roja en la sub base del pavimento flexible, así mismo en las teorías relacionadas al tema se especificó el tipo de suelo proveniente de la cantera de La Molina, los ensayos físicos como mecánicos en lo cual esta tesis llego a tener un tipo de investigación aplicada, un nivel correlacional-experimental con un diseño experimental teniendo una población infinita y una muestra de 24 ensayos que correspondieron a los ensayos físicos y mecánicos del suelo natural y las tres dosificaciones, respecto al instrumento se empleó para los ensayos una ficha técnica y para las dosificaciones un ficha de recolección de datos, en lo cual para poder llegar a obtener los resultados se llegó a recolectar alrededor de 72.69 kg de residuo de cerámica roja teniendo que fragmentar estos materiales manualmente con ayuda de un mazo que correspondieron a diámetros mayor y menor de 0.075 mm, se empleó como agregado en la mistura con el suelo que en este caso fue proveniente de la cantera de la Molina con dosificaciones de 100% suelo, 12.5%r.c.r, 25%r.c.r y 50%r.c.r. Los resultados que se obtuvieron fueron en la variación del comportamiento al ser mezclado con el residuo, llegando a estabilizar el suelo con un CBR de 15.2% para el 100% suelo y con el 50%r.c.r llego a mejorar hasta con un CBR de 40.8%, en lo cual se pudo llegar a concluir que el residuo de cerámica roja puede ser utilizado en mezcla con el suelo, y ser empleado para la subbase del pavimento flexible satisfactoriamente teniendo en cuenta que fue empleado con un suelo con poca capacidad portante.

Palabras claves: Residuo de cerámica roja, Suelo de la cantera de la Molina, Ensayos físicos y mecánicos.

ABSTRACT

This thesis, entitled: "Effects of the reuse of red ceramic waste in the subbase of the flexible pavement, Lima-2019" was aimed at determining the effects of the reuse of the red ceramic waste in the sub base of the flexible pavement, Likewise, in the theories related to the subject, the type of soil from the La Molina quarry was specified, physical and mechanical tests in which this thesis came to have a type of applied research, a correlational-experimental level with an experimental design having an infinite population and a sample of 24 trials that corresponded to the physical and mechanical tests of the natural soil and the three dosages, with respect to the instrument a technical data sheet was used for the tests and for the dosages a data collection card, in which, in order to obtain the results, was collected around 72.69 kg of red ceramic waste having that fragment these materials manually with the help of a mallet that corresponded to diameters greater and less than 0.075 mm, was used as aggregate in the mist with the soil that in this case was coming from the quarry of the Molina with dosages of 100% soil, 12.5%r.c.r, 25%r.c.r and 50%r.c.r The results that were obtained were in the variation of the behavior when mixed with the residue, getting to stabilize the soil with a CBR of 15.2% for 100% soil and with 50%r.c.r got to improve even with a CBR of 40.8% , in which it could be concluded that the red ceramic waste can be used in admixture with the soil, and be used for the subbase of the flexible pavement successfully considering that it was used with a soil with little bearing capacity.

Keywords: Red ceramic waste, Molina quarry floor, Physical and mechanical tests.

I. INTRODUCCIÓN

REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el mundo, hay una gran demanda referente a la fabricación de cerámica rojas que llega a ser en gran parte una de las fuentes de contaminación que existe globalmente. Uno de los países del mundo que son los más grandes proveedores son España e Italia y no siendo indiferente Latinoamérica, está al concluir con su periodo de vida lo que generalmente se hace es llevarlo a una escombrera o dejarlo en un lugar pero no se llega a tener en consideración la reutilización de este material y de esta manera reducir y aportar en el impacto ambiental que existe hoy en día. Al respecto CAR/PL señala:

[...] el sector de la producción de cerámica está en gran parte su contaminación relacionada con las emisiones al aire y también los gases de combustión que se presenta en el momento del secado y la cocción, existen diversos aspectos que influyen en la contaminación como el empleo elevado de energía eléctrica y agua a nivel mundial y la generación de ruido en sus procesos puntuales (2016, pp. 71).

Por ello, se puede ver cada vez el gran incremento de la contaminación ya que en su proceso constructivo de la cerámica roja contamina no solo afecta en la parte de las emisiones del aire sino también en su proceso de secado y cocción. Observar figura 1, el incremento de residuos de cerámica roja-ladrillos, que son desechados diariamente en las escombreras.



Figura 1. Residuos de cerámica roja-ladrillos

Fuente: Universidad Federal de Santa Catarina-UFSC

En donde incrementa la problemática mundial respecto a la demanda de fabricación de cerámica roja y la escasa reutilización de sus residuos cuando este termina su vida útil por la que fue fabricado y de esta manera fomenta la contaminación ambiental con la que nos encontramos tanto en la parte atmosférica como en el suelo. Acerca del tema Redivo infiere:

[...] la fabricación de productos cerámicos genera grandes proporciones de residuos que, por ausencia de un direccionamiento adecuado, se acaba convirtiéndose en simple escombros. Los residuos producidos en el proceso de realización de material cerámico son piezas enteras que no presentan alguna característica exigida para la comercialización o que han sufrido roturas durante su manipulación. (2011, p.2).

Por ende, las industrias de cerámica roja produce gran cantidad anual de estos productos en la que genera gran demanda de contaminación en donde una parte de estos residuos son generalmente desechado por alguna deformidad del producto, que se encuentre con fallas o también en el momento de llevar desde el almacén al destino final puede presentar alguna rotura en todo ese proceso y esto añadiendo los demás desechos que mayormente son generados cuando la persona cree que ha cumplido su vida útil programado y esto produce que la contaminación sea mayor, por lo cual se busca la reutilización de residuo de cerámica roja como alternativa viable como se observa en la figura 2 y figura 3 que emplearon este material como terraplén y revestimiento respectivamente a cada figura.



Figura 2. Terraplén construido con residuos de cerámica roja Santa Catarina-Brasil

Fuente: Universidad Federal de Santa Catarina-UFSC



Figura 3. Empleo de residuo de cerámica roja como revestimiento en carretera en Morro de Fumaca-Brasil

Fuente: Universidad Santa Catarina

Actualmente, en el Perú se hace empleo de gran cantidad de cerámica rojas para la construcción civil como son las baldosas, tejas, ladrillos, mayólica y otros materiales que son considerados en esa categoría, en donde como los otros países de primer mundo, Perú tampoco no hace la diferencia en el aspecto de ver una alternativa ante tanta contaminación que existe en el país más porque somos conscientes que estos residuos de cerámica roja van gran parte directamente a los ríos en donde provoca una mayor contaminación y aun así no se busca mitigar en ese aspecto. Al respecto en un análisis realizado por Cavalcante (2006), “El agregado reciclado se mostró adecuado para que se utilizará como material para la ejecución de capas de base y subbase de suelos en la región metropolitana de Salvador” (p.78). Sin embargo, Joao (2004) menciona “La importancia de la realización de pruebas específicas para materiales regionales, ya que tanto el suelo como el agregado reciclado tienen características propias” (p.91).

Por consiguiente, se concluyó por las citas anteriores que los residuos de cerámica llegan a ser en parte una alternativa viable como reemplazo en la subbase del pavimento que en este caso sería de un aspecto flexible aparte que esta alternativa llega ser menos costosa a comparación de un pavimento normal, pero para ello se tiene que pasar por un proceso de laboratorio ya que en cada zona el suelo tiene características distintas en donde puede ser a favor o en contra del residuo.

Se realizó la investigación en Lima, ya que esta alternativa de innovación se puede implementar en cualquier avenida que tenga características de ser pavimento flexible por ello no se ha especificado una avenida exacta. En donde para este tipo de investigación se realizó los estudios que llegan ser de características de suelo y del residuo de cerámica roja para la prueba en laboratorio que fueron de granulometría, límite líquido y plástico para realizar luego los ensayos mecánicos y de capacidad de soporte ya que la dosificación de los residuos de cerámica roja será de una mezcla de suelo la cual fue proveniente de “Las Canteras de la Molina” + el material de residuo, en cuales correspondió 12.5% residuo de cerámica roja y 87.5% suelo, 25% residuo de cerámica roja y 75% suelo y 50% residuo de cerámica roja y 50% suelo, teniendo en cuenta que el material mezclado será implementado en la subbase se tomara material proveniente de la cantera ya que por norma los materiales

empleados para la subbase deben ser de características pétreas, pueden ser tanto de canteras como de depósitos aluviales. Observar figura 4 y figura 5.



Figura 4. Las Cantera de la Molina Av. La Molina a la altura de Musa.

Fuente: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas.



Figura 5. Vista exterior de Las Canteras de la Molina desde la avenida.

Fuente: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas.

En esta tesis, se buscó dar solución fomentando la reutilización de estos residuos contaminantes empleándolo en la subbase del pavimento en donde se efectuó la incorporación en la subbase del pavimento flexible el residuos de cerámica roja y de esta manera someterlo al estudio en laboratorio y ver sus efectos tanto en sus características físicas como mecánicas al incorporar este residuo, para ello el material debió estar correctamente triturado de forma manual, haber pasado por la granulometría, ver sus propiedades y reacción al someterlo a los ensayos en el laboratorio de esta forma se conoció si el material es apto como alternativa de solución, esto pasando por diversos ensayos, en donde se tendrá gran cantidad de resultados tanto en el aspecto de su capacidad de soporte con él CBR como sus propiedades mecánicas.

TRABAJOS PREVIOS

Para esta investigación se tuvo en consideración diversas investigaciones como artículos y tesis y de esa manera emplearlo como guía estas fueron principalmente basados en temas en fuentes internacionales que habían sido implementado el tema de la subbase del pavimento flexible con residuos de cerámica roja a comparación de las investigaciones nacionales que no existía mucha información referente en el país, en donde se menciona para los antecedentes nacionales temas en algunos aspectos relacionados a la presente investigación enfocada a la reutilización de residuos de demoliciones en el pavimento.

NACIONALES

Manejo de los residuos de la construcción y demoliciones para su reciclado y empleo en construcciones de vías de la ciudad de Juliaca (Huahuasoncco 2015). En la investigación se basó principalmente en el empleo de suelo que son de las canteras, lo que generalmente producen grandes impactos de contaminación hacia el medio ambiente por ello, tuvo como **objetivo** en implementar diversos mecanismos que sirvan como apoyo para reciclar materiales de las demoliciones y de esa manera reutilizarlo en las vías de Juliaca, como también ver las mejores proporciones de residuos y de esa manera ver las mejoras en las características de la resistencia la investigación **concluye** que el material de residuo dio resultados satisfactorios para emplearse en la base y subbase del pavimento en lo que respecta a las propiedades mecánicas y de esa manera que sea una alternativa viable en poder reciclar tanto lo que son los agregados en las losas como los pavimentos cuando ya cumplió su vida útil del material. El **aporte** fue de fomentar la reutilización de los materiales de demoliciones y ver la manera satisfactoria de volverlos a emplear y de esa manera reducir los impactos ambientales que existen en gran cantidad hoy en día.

Análisis del comportamiento de los materiales reciclados de escombros para subbase en pavimentos flexibles en la Av. Nazca, SJJ, Lima (Román 2017). La tesis consistió planteado por el autor fue en poder tener resultados basados en el comportamiento de los materiales reciclados y de esa manera emplearlo en la subbase del pavimento flexible y de esa forma ver como una alternativa de solución ante la acumulación de los escombros tuvo como **objetivo** es de generar resultados que sean viables para el empleo en la subbase del

pavimento, y de separar los materiales por su origen y características físicas que lo representa. La investigación **concluyo**, que si existe una viabilidad que lo respalde que son los resultados, en donde se pudo conocer que la reutilización de los escombros para emplearlo en la parte estructural del pavimento flexible es una alternativa fiable luego de realizar diversos estudios como emplear el 100% del material reciclado y compararlo con el 80% y 20%, el **aporte** es buscar una alternativa que ayude tanto en la parte de los costos como en la contaminación que frecuentemente la misma carrera origina con las demoliciones.

Influencia de la adición de residuos plásticos en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018 (Silva 2018). Su investigación fue enfocada al emplear material de plástico reciclado que tenga características pulverizadas y de esa manera utilizarlo en el pavimento flexible, su **objetivo** de la investigación es de no alterar las características iniciales que tiene el cemento asfáltico y de esa manera que cumpla con los reglamentos que tiene el ministerio de transporte y comunicaciones, por ello se realizó diversos estudios como ver el porcentaje de vacíos como la rigidez del pavimento, la investigación **concluye** el empleo de los residuos de plástico genero buenos resultados en laboratorio para que se pueda emplear en la combinación asfáltico en caliente como beneficio para la estabilidad y la rigidez, el principal **aporte** fue en emplear el plástico que hay en gran incremento globalmente en el pavimento en base a normas que son establecidas en el país.

Estabilización de subrasante con material de demoliciones en Avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017 (Fernández 2017). La tesis referente a la reutilización de la demolición en la avenida tuvo como **objetivo** en ver la alternativa de incrementar la estabilización en lo que respecta a la subrasante con el uso de residuos de demolición que existe en la Av. Malecón, empleando porcentajes de 10%, 20% y 30% todo ello empleando diversos estudios en laboratorio como teorías, enfocándose en los estudios de suelos con los métodos de SUCS y AASHTO, de conocer la influencia que produce las demoliciones al emplearlo en el pavimento con lo que respecta a la estabilización como de estudiar la incidencia con lo que respecta a las demoliciones empleadas a la subrasante, por ello la investigación **concluyo** que la consolidación de la subrasante empleando residuos de demoliciones obtuvo resultados satisfactorios en el CBR y finalmente teniendo como **aporte**

en buscar la manera de la reutilización de los materiales de demolición y emplearlo en la capa del pavimento flexible que sería en la subrasante.

INTERNACIONALES

Estudos sobre misturas de agregados reciclados de residuos da construção civil com solos para utilização em pavimentos (Santana 2014) (Estudios sobre mezcla de agregados reciclados de residuos de construcción civil con suelo para utilización en pavimentos). La tesis se enfocó en emplear tanto el residuo de reciclado fusionado con diversos suelos de diferentes zonas tuvo como **objetivo** en evaluar las propiedades geotécnicas como el aspecto físico y mecánico en los residuos y de esta manera aplicar estos materiales en la capa de subbase y base de pavimento, y analizar los resultados de las pruebas en laboratorio fueron de características física y de comportamiento mecánico de suelos empleados en la investigación y compararlo con el comportamiento de mismo suelo puro. En donde se **concluyó** en base a los resultados que la investigación posibilita analizar, la factibilidad en el uso de agregado de RCD en el empleo de una pavimentación urbana, de esta manera se propone como una alternativa en la aplicación en las carreteras vecinas y vías urbanas de algunas ciudades, sustituyendo parte de los materiales convencionales. Tuvo como **aporte** en dar diversos métodos y alternativas para sacar los resultados en el laboratorio y con la investigación contribuir en la fomentación del reciclaje y aumentar una alternativa con ventaja factibles en las vías urbanas.

Avaliação da influencia dos britadores de mandíbula e de impacto nas propriedades de agregados reciclados para aplicação em bases e sub-bases de pavimentos (Santos 2016) (Evaluación de la influencia de las trituradoras de mandíbula y el impacto en las propiedades de los agregados reciclados para su aplicación en base y sub-base de pavimentos). La tesis tuvo como **objetivo** en evaluar la influencia que llega a tener cuando se tritura los residuos que será luego empleado en bases y subbases de suelo en donde para la investigación fueron realizado ensayos experimentales con el fin de generar un mayor conocimiento en el tema. La investigación **concluye** que los resultados de las propiedades de los agregados reciclados aportaron en el cumplimiento de los objetivos en la investigación que fueron referentes en la aplicación en la base y subbases de pavimento en donde para ello se realizó la curva granulométrica y de esa manera ver el grafico de la curva desde el agregado que tiene

dimensiones más finas en donde los ensayos mostraron mejores resultados en los agregados que fueron triturados e igualmente se vio un mejor ajuste entre partículas y los espacios de vacíos, la investigación dio como **aporte** en dar una alternativa viable en base a los ensayos provenientes respecto en la trituración de los residuos de agregados y en base a ello servir como una guía para futuras investigaciones.

Comportamento mecânico de um agregado reciclado como base de pavimento flexível a partir de um modelo físico (Souza 2015) (Comportamiento mecánico de un agregado reciclado como base de pavimento flexible a partir de un modelo físico). La tesis busco la implementación de soluciones ante el incremento del consumo de los recursos minerales y de los residuos provenientes de construcciones civiles en la cual tuvo como **objetivo** evaluar el desempeño del pavimento flexible empleando reciclado de residuos de construcción y demoliciones (RCD), en la cual emplearon la demolición del estadio Mane Garrincha ubicado en la ciudad de Brasilia y utilizarlo en la base del pavimento flexible por medio de un modelo de simulador físico a través de un laboratorio en la cual tiene condiciones más cercana a las condiciones de campo en una caja que opta por tener capas de subbase, base y revestimiento teniendo como dimensiones de 1.60x1.60m y 1.20m de altura con ayuda de viga de reacción y el apoyo de un cilindro hidráulico la investigación **concluye** que el modelo en la estructura del pavimento podría llegar a soportar grandes cantidades de carga sin alcanzar límites en intervención en los suelos flexibles, en la cual aplicando los ensayos de índice de soporte de california, módulo de resiliencia en la cual demostró resultados satisfactorios frente a condiciones mínimas en el departamento nacional de infraestructura y transporte en Brasil, llegando a validar que el RCD llega ser un reciclado con lo cual se puede tener dar como una solución sostenible en la capa del pavimento flexible, su principal **aporte** de la tesis fue de modelar la estructura del pavimento flexible y en base a eso dar viabilidad en los resultados al emplear el RCD y de esa manera emplear la reutilización de estos residuos.

Melhoramento de solo com uso de telha cerâmica moída oriunda de resíduos de construção e demolição (RCD) (Dranka 2016) (Mejoramiento del suelo utilizando teja de cerámica molida proveniente de residuos de construcción y demolición (RCD)). La investigación se enfocó en la adición de los residuos de cerámica roja como las tejas teniendo

como **objetivo** el ver el mejoramiento tanto en los aspectos mecánicos como en los físicos del material y de esa manera dando una reutilización a estos residuos como tejas que se encuentran en las calderas de las construcciones y demoliciones y a este material realizar sus características físicas y el ensayo de CBR tanto con el residuo de cerámica roja como solo suelo, en el cual la investigación llegó a **concluir** que se presentó una mejora las características físicas como en el índice de plasticidad y al realizar el ensayo para las propiedades mecánicas solo fue con el uso del índice de soporte de California en el cual se obtuvo resultado tanto para el 10% y 15% de residuo de teja de cerámica roja en la cual por los resultados dio como resultado que si se puede dar empleo del residuo de cerámica roja molida y mezclarlo con el suelo y de esa manera mejorar los aspectos mecánicos con lo que respecta a la pavimentación para las carreteras también como un **aporte** en utilizar esta innovación como una nueva herramienta para una nueva función y destino del residuo.

Avaliação da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para utilização em camada de base de pavimento rodoviário (Da Silva 2018) (Evaluación de mezcla de chamote cerámico con suelo laterítico para utilización en la capa de base de superficie de pavimento). El artículo de investigación tuvo como **objetivo** de verificar la viabilidad de manera técnica empleando la cerámica triturada en la capa que correspondió a la base del pavimento y de esta manera verificar el porcentaje más óptimo de la mezcla suelo-cerámica a través de ensayos comunes que se realizan en el entorno de obras viales **concluye**, que el incremento de la utilización de materiales alternativos, como subproductos en la construcción de pavimentos, vienen ganando bastante atención en el sector académico, en las industrias y presentando un buen desempeño estructural, potencial económico y reducción de emisiones de gases en varias fases de vida útil de pavimento, la mistura que recibieron de 20% y 30% de chamote de cerámico se presentaron de una manera favorable para el empleo de la capa de base, siendo una alternativa viable teniendo en consideración, que existen grandes cantidades de residuos. El **aporte** es de reducir el impacto ambiental negativo ya que esta alternativa reduciría la exploración de los yacimientos para el suministro de materiales en la ejecución de la base de suelos.

Uso de residuos de cerâmica vermelha para o melhoramento de camadas de pavimentos de baixo trafego em Palmas-To (Silva 2017)(Uso de residuos de cerámica roja para el mejoramiento de capas de pavimentos de bajo tráfico en Palmas-To). En el artículo

el autor tuvo como principal **objetivo** evaluar la resistencia y comprensión axial de pavimento convencional y del pavimento producido a partir de sustitución parcial de cerámica roja molida y de esta manera verificar si el implemento de cerámica roja en la capa del pavimento implicaría una mejora viable a través de los ensayos físico y capacidad de soporte. **Concluye** que al realizar todos los ensayos se observa que la adición de los residuos de cerámica roja fue favorable en el aspecto de 50% suelo + 50% residuo de cerámica roja, aplicándolo en la capa de base del suelo en bajo tráfico, al emplear materiales con características parecidas al estudiado, esta conclusión surgió afirmativa cuando se da la relación con el parámetro utilizando el tamaño de la capa del suelo, de esta manera confirmando que el residuo a emplear tiene la viabilidad técnico-ambiental apropiada. El **aporte** fue demostrar que los residuos de cerámica roja proveen un mejoramiento en la capa del pavimento dando diversos resultados y pruebas en laboratorio que serán como una guía para la tesis presente y futuras investigaciones.

Estudo de misturas de solo com agregado reciclado para emprego em camadas de base de pavimentos urbanos de baixo volumen de tráfico (Souza 2017) (Estudio de mezcla de suelo con agregado reciclado para empleo en capas de base de pavimentos urbanos de bajo volumen de tráfico). Este artículo tuvo como principal **objetivo** en conocer las propiedades mezcladas del suelo con el agregado reciclado para emplearlo en la capa de base del pavimento urbano de un menor volumen de tránsito. En lo cual, el artículo **concluye** al realizar los ensayos y se tenga resultados viables la mezcla debe contener el 75% del agregado reciclado, de esta manera cumpla con los requisitos que se adecue a los límites tanto plástico como elástico, según la norma ES 141 en la banda granulométrica “C”, excepto en referente a los porcentajes contaminantes de agregado reciclado que pueden producir contaminación respecto a lo impuesto por el NBR 15116 para su empleo la capa de base en el pavimento. El **aporte**, ayudar en la investigación y buscar mitigar en aporte del medio ambiente dando como resultado la fomentación en el tema de residuos en los pavimentos.

Reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil (Brasileiro y Matos 2015) (Reutilización de residuos de construcción y demolición en industria de construcción civil).El presente artículo referente a las cuestiones ambientales ha llegado a obtener mayor incremento en las legislaciones de los países debido al aumento

excesivo de residuos que existe en las construcciones civiles debido a que el crecimiento del país asciende va relacionado a la industria de construcción en la cual tuvo como **objetivo** en buscar la reutilización referente a los residuos de construcciones no solo a la industria que existe en Brasil sino también que podrían aplicarlo en otros países, esto teniendo como principal fin en disminuir y prevenir la contaminación ambiental con lo que respecta a los residuos de construcciones y aplicarlo de una manera innovadora en el pavimento. El artículo **concluye** que reutilizar el material proveniente de RCD trae buenos resultados, aparte con la finalidad de promover su empleo de nuevo a la cadena de construcción aparte que al utilizar los agregados que han sido reciclados llegarían a obtener costos menores. El **aporte**, es que las personas apoyen en el reciclaje de estos residuos contaminantes de RCD y emplearlo de una manera que apoye no solo a la contaminación que existe hoy en día sino también a la parte económica ya que los gastos disminuirían en gran proporción.

Use of waste ceramic tiles for road pavement subgrade (Cabalar, Hassan y Abdulnafaa 2017) (Uso de baldosas cerámica de desecho para subbase del pavimento). El artículo fue enfocado en el empleo de los residuos de cerámica para el empleo en el pavimento de la carretera cuyo **objetivo** es de evaluar la utilización de la cerámica cuando estas son desechadas en los vertederos en el cual las baldosas de cerámica se pueden llegar a emplear en la ingeniería lo cual disminuye los impactos ambientales y hasta llegar a obtener un espesor mínimo en el diseño del pavimento con lo cual se emplearon diversos ensayos como el índice de plasticidad, CBR, resistencia a la compresión no concentrada y compactación que aplicando porcentajes de 0%, 5%,10%,15%, en peso seco del material de cerámica. El artículo **concluye** que los ensayos tuvieron como resultado que la adición de los residuos de cerámica aumenta el CBR en el suelo, mientras con lo que respecta a la resistencia a la compresión no concentrada (UCS) lo hace disminuir el valor del suelo, mientras que en el ensayo de compactación se pudo conocer el incremento del peso unitarios seco el **aporte**, fue de realizar la investigación empleando residuos de cerámica de baldosas, y de esa manera conocer que puede ser un material potencial como alternativa para poder mejorar el rendimiento del suelo y en aporte ambiental.

Effect of waste ceramic dust (WCD) on index and Engineering Properties of Shrink-Swell Soils.International (Chen y Idusuyi 2015) (Efecto de los residuos de polvo cerámica

(WCD) en el índice y las propiedades de ingeniería de los suelos retráctiles). El artículo fue plasmado para conocer los efectos del polvo de cerámica en la ingeniería en lo que respecta a las propiedades del suelo en el cual para ello se empleó el área de Baure, estado de Gombe al Noreste de Nigeria mezclando de 0 a 30% con un aumento de 5% en el cual su principal **objetivo** es conocer su reacción en emplear los residuos de cerámica al analizar por los resultados obtenidos en el laboratorio con el cual el artículo **concluye** que con lo que respecta a los ensayos del suelo como son el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y contenido de humedad disminuye al adicionar el polvo de cerámica también teniendo como resultado que la densidad seca máxima, resistencia no confinada y el CBR aumentaron a favor de la muestra con el aumento del residuo de polvo de cerámica en la cual da como resultado que se puede utilizar hasta un 30% del residuo y de esa manera ayudar en la calidad del pavimento flexible y ahorrar en los costos en las obras viales. El **aporte**, es buscar una alternativa para no solo obtener resultados que favorezcan al medio ambiente, sino que también reduzcan los costos al realizar la pavimentación lo que respecta al pavimento flexible.

Utilization of recycled tiles and tyres in stabilization of soils and production of construction materials (Al-Bared, Marto y Latifi 2018) (Utilización de baldosas y neumáticos reciclados en la estabilización de suelos y producción de materiales de construcción). Este artículo se plasmó en el empleo de los residuos de baldosas se puede ubicar en diversas formas, en el cual también se puede llegar a encontrar como piezas sólidas y rotas del material, teniendo como otro residuo contaminante el uso de neumáticos desgastados en el cual se encuentran en el empleo de los vehículos afectando negativamente el ambiente, debido a la mala gestión de los desechos, cuyo **objetivo** es evaluar estos materiales contaminantes e implementar la reutilización de una forma beneficiosa y de esa manera mejorar a las propiedades que respecta a la ingeniería en los suelos con características blandas ya que llegan a estabilizar y mejorar el suelo, empleando los ensayos como límite líquido, límite plástico, se **concluye** que el residuo se puede utilizar el reemplazo parcial del cemento, arena y agregados realizando por los residuos en llantas y baldosas de cerámica en la cual aportan considerablemente en la resistencia a la compresión, trabajabilidad y durabilidad. El **aporte**, fue ver la forma de ayudar considerablemente al medio ambiente fusionando dos materiales altamente contaminantes como son las baldosas de cerámica y los neumáticos

desgastados que no son seguros para el uso en los vehículos e implementarlo en la ingeniería civil que es en el suelo en base a ensayos que respalden las conclusiones.

Performance of recycled ceramic waste as aggregates in hot mix asphalt (HMA) (Muniandy, Ismail y Hassim 2018) (Rendimiento de residuos cerámicos reciclados como agregado en asfalto de mezcla en caliente (HMA)). En el presente artículo realizado en Estados Unidos, se trató en reutilizar lo materiales desechados de cerámica ya que con el transcurso de los años el aumento de este material ha incrementado por ello se vio la manera de incorporar en la mezcla asfáltica como un agregado en el cual tuvo como **objetivo** en analizar el rendimiento de la cerámica triturada y adicionarlo en la mezcla asfáltica en tamaños que correspondan menos de 5mm en la cual llegar a sustituirlo proporcionalmente en porcentajes de 0%, 20%, 40%, 60%, 80% y 100% en el peso de agregados de granitos en el cual **concluye** que al basarse en los resultados del estudio llego a mostrar que el rendimientos del residuo de cerámica fue viable alcanzando niveles óptimos de hasta 20% en cual llega a resultar que hay gran optimización para ser empleado en la mezcla de asfalto, y con lo que respecta al ensayo de Marshall tuvo resultados de hasta de un incremento de hasta 25%, y en el módulo elástico mejoro hasta un 13.5% comparándolo con los ensayos que solo tiene suelo puro esto produciendo una mayor resistencia al asfalto, el articulo tuvo como **aporte**, en realizar una investigación que conlleve a fomentar el empleo de los desechos de cerámica y de esa manera utilizarlo en el asfalto ya que al obtener mayor información y temas que respecta a investigaciones da una mayor viabilidad con lo que respecta al residuo de cerámica, y hacerse más conocida de esa manera llegar a reutilizar en el pavimento flexible aparte que al beneficiar al suelo ayudaría en grandes porcentajes a la reducción de los costos en una obra vial usual.

TEORÍAS RELACIONADAS CON EL TEMA

RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA

Los residuos de cerámica roja viene ser un material que tiene su proceso constructivo mezclando diversos componentes como la arcilla con la que la industria le da la forma que se desee como son los ladrillos, tejas, baldosas, bloques, tubos cerámicos, losas, etc., en donde para dar su forma final se le lleva a un horno con una temperatura superior a lo normal, en una forma general se le puede llegar a considerar a la cerámica como que comprende

materiales inorgánicas, no metálicos, que se obtienen casi siempre luego del tratamiento térmico en el horno, observar figura 6 lo que respecta de residuo de cerámica roja-tejas. Al respecto Redivo menciona:

La producción de este material es mayormente realizada por empresas de mediana y pequeña capital, donde la minería que producen mayor cantidad de materias primas está mayormente asociada con las empresas multinacionales o son independientes para que el lucro llegue directamente a la empresa. (2011.p.21).

En síntesis, las industrias deberían buscar la manera de mitigar viendo alternativas que no lleguen a contaminar al medio ambiente desde el proceso de la elaboración de estos materiales y de igual manera cuando culmina su proceso de elaboración ver maneras de reutilización en lo cual los que deberían tomar mayor consciencia son las empresas multinacionales ya que ellos producen una mayor demanda de residuos de cerámica roja que otro tipo de industrias.



Figura 6. Residuos de cerámica roja- Tejas

Fuente: Universidad Federal de Santa Catarina-UFSC

Los residuos de cerámica roja frecuentemente se fueron empleado en uso variado, como un agregado en el concreto, argamasa, en cemento o como material para las capas de pavimento (Bastos y Cerri,2004).

La reutilización de los residuos de cerámica roja se basa principalmente en lo sobrante de este material en las industrias, en donde en otros países ya se pudieron realizar este tipo de vías con el empleo de este material con pequeñas cantidades de residuo de cerámica rojas. Al respecto Adorno infiere:

En los estudios referente a la reutilización de este material son temas de gran relevancia con lo que respecta a la sostenibilidad ambiental productiva en el país, por ello se exige estudios que respalden a la innovación como su resistencia a la comprensión, y si es eficiente en la acción físico-química. (2018, p.1).

En conclusión, con lo que respecta de la cita anterior es que la reutilización hoy en día ha sido una alternativa a favor de lo que concierne el medio ambiente, pero no cualquier material puede ser reutilizado y empleado en la ingeniería, sino que debe ser comprobado primero por laboratorios y ensayos que respalden la reutilización basándose en los resultados que se obtiene.

En otras investigaciones como es en el caso de Hong Kong, cuya investigación se baso en la mezcla del agregado reciclado de concreto y ladrillo triturado como un agregado en el empleo de producción de bloques de pavimentación, en donde los resultados que se pudieron observar en esa investigación es que al emplear en una composición de 50% pedazos de ladrillos daba una absorción de agua alta y la resistencia disminuía sin embargo al emplearlo en un 25%, tenían mejores resultados en el bloque de concreto. Los bloques con relación residuo de cerámica con pavimento se aprobaron como requisito mínimo en el empleo de zonas con tráfico bajo (Redivo,2011,p.22).

PROCESO DE FABRICACIÓN DE LA CERÁMICA ROJA

Para que la cerámica roja llegue a la última forma que se le conoce esta pasa primero por diversas fases en donde el primero es:

PREPARACIÓN DE LAS MATERIAS PRIMAS

En esta etapa es en donde se selecciona los materiales como las arcillas, carbonatos, caolines, arenas y feldespatos, que usualmente se emplean como se extrae en la mina o también llegan a tener un tratamiento aparte, sin quitar sus propiedades originales, como la homogenización en donde no llegaría a perder sus características originales. Los materiales de cerámica pueden ser de acuerdo a su función de manera plástica o no plástica (Galán, 2006, p.2)

CONFORMACIÓN Y SECADO DEL MATERIAL

La molturación se presenta tanto de forma seca como húmeda, por lo cual de las dos formas dan resultados distintos en sus características, ya que por vía seca se origina una

fragmentación y da el tamaño de partículas mayores a 300 micras a comparación de la vía húmeda que da resultados de 200 micras, por ello este paso está relacionado a los costos finales del material. Según, Construmatica Meta portal de arquitectura, ingeniería y construcción sostiene al respecto:

Para la composición con atomización, este viene ser un proceso de forma de secado, en este procedimiento surge de la suspensión triturada en delgadas gotas cuando llega a estar en contacto con el aire caliente de esta manera provoca adquirir un producto solido con un contenido mínimo de humedad que llega a fluctuar entre 0.30 a 0.45 kg con lo que respecta de agua/ kg de sólido. (p.1).

En síntesis, para la realización de la cerámica roja tiene que pasar por el proceso de atomización, ya que en este aspecto dará forma al material, en el momento que el material entra en fricción con el aire. Observar figura 7.

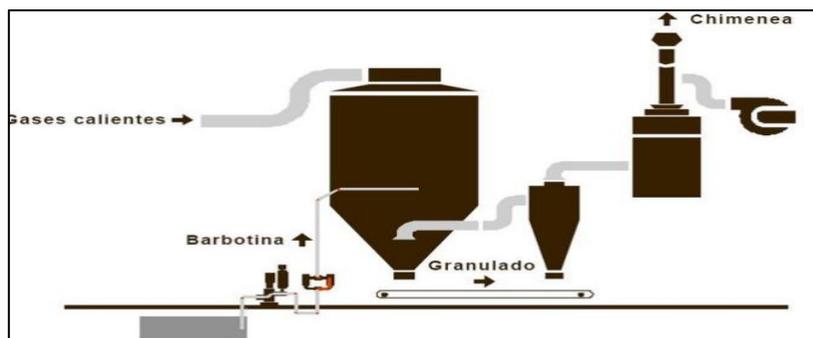


Figura 7. Proceso de secado por atomización

Fuente: Meta portal de arquitectura, ingeniería y construcción

COCCIÓN CON Y SIN ESMALTADO

Luego de pasar la etapa del secado del material en frío, se efectúa la cocción, en donde el esmaltado se basa en el empleo de una o varias capas de vidriados, que llega a tapar el área del material. Este proceso de cocción se emplea para proporcionar al producto cocido una secuencia de participación técnica y estética, como es la impermeabilidad, la fluidez de la limpieza, color, estructura superficial, la resistencia tanto de forma mecánica como química. (Construmatica Meta portal de arquitectura, ingeniería y construcción, p.1).

TRATAMIENTO ADICIONALES

Para las cerámicas rojas no siempre es importante este procedimiento de tratamiento adicionales esto surge cuando se realiza baldosas porcelánico, ahí si se emplea este paso. El tratamiento adicional sirve para realizar un pulido superficial de los materiales que se cocieron en los pasos anteriores y de esta manera queden homogéneamente brillante (Construmatica Meta portal de arquitectura, ingeniería y construcción, p.1).

MATERIAL PARA LA SUBBASE

LAS CANTERAS DE LA MOLINA

El material con el que se realizó la mezcla con los residuos de cerámica roja fue proveniente de la cantera la cual se encuentra ubicado tanto en el distrito de La Molina como de Pachacamac, a una cierta distancia de Musa, en la cual su acceso es por la carretera a Cieneguilla, que se encuentra totalmente asfaltada hasta una cierta distancia en el desvío que se puede visualizar una trocha carrozable en la cual tiene una distancia total de 14.8 kilómetros, la formación de esta cantera fue por cooperativas de las personas que trabajan en la Universidad Nacional de la Agraria, La municipalidad de La Molina y la Arenera. Observar figura 8.



Figura 8. La Cantera de La Molina

Fuente: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas

La cantera de La Molina está conformada por roca intrusiva granodiorita, este tipo de roca es semejante al granito la cual tiene en parte cuarzo hasta mayor del 20%, también la cantera

está formado por suelo tanto de granulometría gruesa como fina, la cual por estar compuesta por las laderas de cerro se puede visualizar gran cantidad de suelo rocoso y gravoso originados por el aspecto coluvial, la cual llega a tener una capacidad portante correcta para ser empleado en base y subbases de pistas, en lo cual al pasar los años estos materiales de la cantera han sido explotados a tal manera de que en la actualidad lo vendan como terrenos y su material llega a tener poca capacidad portante al solo encontrar un suelo de clasificación limosa. Observar figura 9 y figura 10.



Figura 9. Material de La Cantera de La Molina

Fuente: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas

La zona llega ser llano prácticamente plano, la cual sus cotas no son muy altos, esta cantera corresponde a unos 200 millones de metros cúbicos.



Figura 10. Terreno llano de La Cantera de La Molina

Fuente: Universidad Peruana de Ciencia Aplicadas

CARACTERIZACIÓN FÍSICA

GRANULOMETRÍA

Al triturarse de forma manual los residuos de cerámica roja, tuvo que pasar por un proceso granulométrico que consistió en la medición y graduación de los materiales a emplearse utilizando los tamices, ya que en el paso de la trituración del material producirán agregados con diversas dimensiones algunas de mayor o menor dimensión, y compararla con la norma que hay en el Perú, que tiene en correlación con los suelos y los agregados de pavimentación. Observar figura 11.

En el aspecto de mecánico del suelo el análisis granulométrico se basó en la norma técnica de Perú NTP 400.037 y (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) ASTM C331, como se observa en la tabla 1 y 2, para ello paso por el muestreo los residuos de cerámica roja, en donde por tesis y antecedentes basado en el tema lo que se realizo fue tomar tres muestras que representaran para la ejecución en cada uno de los ensayos en el laboratorio. El empleo del residuo en la capa de la sub base y base del pavimento necesita de una combinación granulométrica de manera continua, ya que se trata de un proceso de reciclaje por ello los costos deberían ser mínimos a comparación de un pavimento normal.

La granulometría se emplea en el agregado para la clase de suelos en donde debe cumplir con los estándares del ensayo granulométrico y determinaciones técnicas, que avale un adecuado comportamiento durante la vida útil del pavimento, en donde este ensayo viene ser una parte fundamental en la aceptabilidad de suelo, en lo que viene ser autopistas, carreteras, avenidas, etc.

En donde al obtener los resultados granulométricos, se pudo pronosticar el desplazamiento del agua en base al suelo, este análisis es una manera de conocer las relaciones en los diferentes tamaños de los agregados que se tiene, para ello la distribución de las dimensiones de las partículas del suelo a través de los tamices hace que los agregados más mínimos presente una curva granulométrica propia, referente a los porcentajes mínimo presenta entre un 1.5% más fino que se encuentra en el tamiz N°4. La dimensión de las partículas que serán empleados para el estudio granulométrico debe ser en base a una determinación precisa ya

que a veces la muestra de la partícula es muy pequeña en donde requerirá diversos tamices. (Pye y Blott,2004, p.2).

En la curva granulométrica se puede adquirir los diámetros que existe en las dimensiones de agregado de suelo. El subíndice que indica el porcentaje del material que se caracteriza por ser fino, por investigaciones se llegó a conocer que el tamaño de diámetro 10 es el más recomendable y que provoca una mayor efectividad en el suelo (Hurtado,2014, p.2).

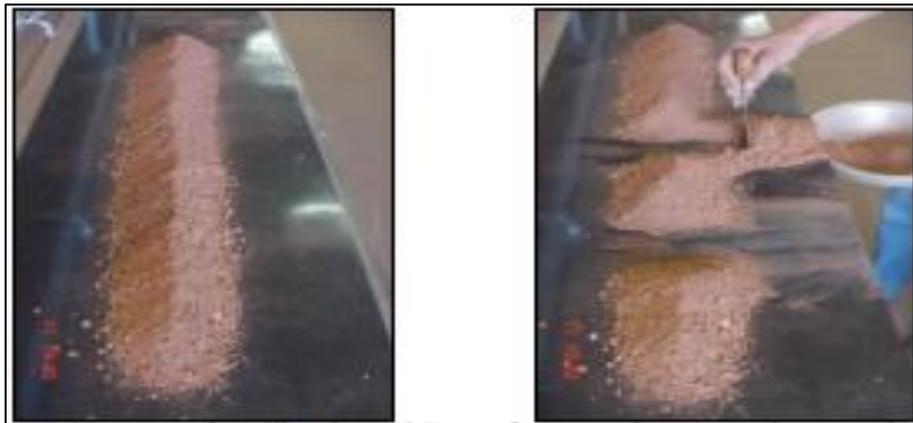


Figura 11. Ensayo de granulometría en los residuos de cerámica roja

Fuente: Universidad de Sao Paulo-Brasil'

Tabla 1. Requerimiento de la granulometría para la subbase

Tamiz	Porcentaje que Pasa en Peso			
	Gradación A *	Gradación B	Gradación C	Gradación D
50 mm (2")	100	100	---	---
25 mm (1")	---	75 – 95	100	100
9,5 mm (3/8")	30 – 65	40 – 75	50 – 85	60 – 100
4,75 mm (Nº 4)	25 – 55	30 – 60	35 – 65	50 – 85
2,0 mm (Nº 10)	15 – 40	20 – 45	25 – 50	40 – 70
425 µm (Nº 40)	8 – 20	15 – 30	15 – 30	25 – 45
75 µm (Nº 200)	2 – 8	5 – 15	5 -15	8 – 15

Fuente: Norma Técnica Edificaciones CE.010 Pavimentos Urbanos

Tabla 2. *Clasificación del suelo.*

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014.

LÍMITE LÍQUIDO

El estudio de límite líquido que corresponde a la Norma Técnica Peruana (NTP 339.129), se observa en la tabla 3, llega ser uno de los ensayos más empleados en la ingeniería de suelos, en donde llega a basarse en conocer cuando el estado líquido no se rige por la ley lineal de las mezclas. (Sivapullaiah y Sridharan,1985, p.4).

El estado líquido viene ser considerado en el intervalo de un estado semilíquido y plástico el intercepto de ambos está el límite líquido, en donde esto surge por Atterberg quien señaló que, para sacar este ensayo de laboratorio, se tenga que poner el suelo en la capsula, y de esa manera formar una abertura con una dimensión de dos milímetros hasta una distancia profunda, y luego cerrar la abertura realizando leves golpes en la capsula en una superficie estable. Observar figura 12 respecta a la curva de flujo en relación a la humedad y los números de golpes y figura 13 aparato de Casagrande.

El método ayuda al suelo que tenga contenido de agua que pertenece al ensayo de limite líquido, cuando el margen inferior de la abertura se une sin combinarse en una cierta cantidad de golpes (Huaman,2015, p.10).

Tabla 3. Requerimiento para la calidad en la subbase granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Limite Líquido	NTP 339.129:1999	25% máximo	

Fuente: Norma Técnica Edificaciones CE.010 Pavimentos Urbanos

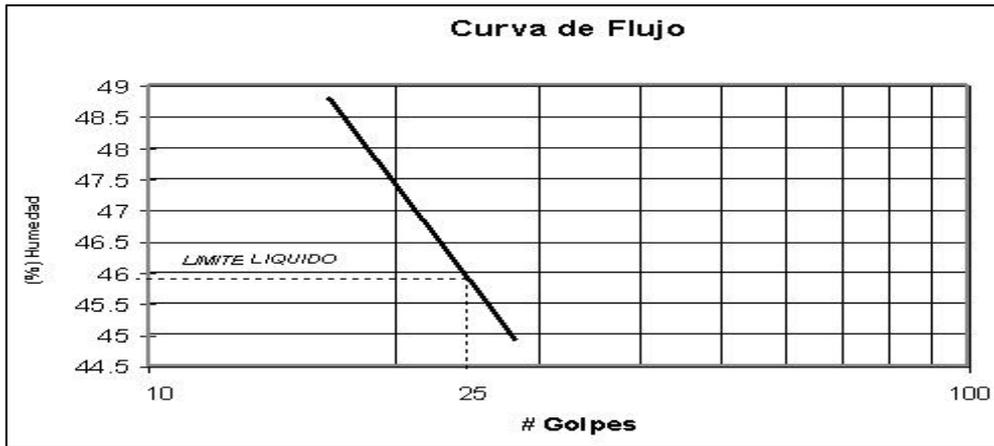


Figura 12. Gráfico de Limite Liquido

Fuente: Apunte de Geotecnia con énfasis de laderas



Figura 13. Límite de Atterberg- Aparato de Casagrande

Fuente: LCweb

LÍMITE PLÁSTICO

Los residuos de cerámica roja si se evalúa solo este material no llegaría a tener ningún significado en el límite plástico, pero al mezclarlo con el suelo si tendría, ya que en este paso se emplea en la pavimentación para conocer la calidad de los agregados finos que pasan por los tamices, en donde la calidad tiene relación entre la estabilidad del material y la humedad. La resistencia que produce el suelo, que llega ser hasta cien veces mayor en lo que produce el límite líquido se realiza una redefinición con lo que respecta el límite de plasticidad en la variación del contenido del agua. (Wood y Wroth, 1978, p.37).

Como se conoce en la determinación de las especificaciones en el suelo normalmente se limita el índice de plasticidad que corresponde a la norma de Norma Técnica Peruana (NTP 339.129), se observa en la tabla 4 y 5, en donde en base a eso se puede conocer el comportamiento del suelo respecto a la ingeniería ya que no es suficiente solo realizar el ensayo granulométrico. Al conocer el proceso de este límite que constituye en el que el suelo arcillo que está en su fase húmedo se comporta como líquido y al perder parte de esa humedad pasa a un límite plástico y al seguir perdiendo esa agua llega a ser ese suelo cada vez más seco y se llega a romper. [...] Estos cambios de estado se le conoce como el límite líquido y límite plástico en los suelos que están relacionado por el límite de plasticidad (Días, 2004, p.146).

Para la realización del límite plástico se realiza como lo señala Atterberg, esto consiste en realizar rollos con el suelo, de manera que esta quede con un diámetro de 3mm, en donde algunos hacen este proceso en una hoja para que se pierda la humedad y la hoja lo absorba, o también en una placa de vidrio, en el momento que el rollito llegue al diámetro señalado se dobla de manera que se vuelva a rolar, hasta que quede hasta un 1/8 de diámetro. Observar figura 14.



Figura 14. Limite Plástico

Fuente: Taller de Mecánica de Suelos

Tabla 4. Requisitos para la calidad en la subbase granular y suelo según su plasticidad.

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Índice de Plasticidad	NTP 339.129:1999	6% máximo	4% máximo

Fuente: Norma Técnica Edificaciones CE.010

Tabla 5. Índice de Plasticidad del suelo según su plasticidad.

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	suelos arcillosos
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones 2014.

DOSIFICACIÓN

La dosificación se basó en la proporción de vacíos que existe en el árido en donde se disminuye al emplear pasta de cemento. Aporta al caracterizar el comportamiento en un estado endurecido, y de esa manera llegar a tener mejores resultados y tener mejor resistencia. (Castro, 2009, p.1)

Diversas fuentes e investigaciones han aplicado la dosificación para emplear porcentajes de materiales, como en la universidad de ingeniería en Colombia que aplico dosificaciones de grano de cascarilla de café para los hormigones. La dosificación con lo que respecta del hormigón es una alternativa factible realizando la relación cemento-agua-cascarilla. (Salazar,1984, p.52).

Para realizar la dosificación en esta investigación y ver la mejor relación y de esa manera someterlo en la subbase del pavimento flexible en diversos ensayos tanto físico como mecánico, se tomó en consideración la relación suelo-residuo de cerámica roja, según la norma de NBR (Asociación Brasileña de Normas Técnicas), investigaciones pasadas y al conversar con las personas especializadas en el laboratorio, en donde se tomó para los resultados las relaciones de 87.5% suelo + 12.5% R.C.R , 75% suelo + 25% R.C.R y 50% suelo + 50% R.C.R. Observar figura 15 y figura 16.



Figura 15. Suelo de la Cantera de la Molina

Fuente: Universidad Peruana de Ciencias A.



Figura 16. Residuo de cerámica roja

Fuente: Universidad de Sao Paulo-Brasil

PAVIMENTO FLEXIBLE

Para definir el pavimento flexible, Días sostiene al respecto:

El pavimento flexible como en el caso del pavimento rígido llega ser fundamental en el momento de realizar una vía, en donde la diferencia de estos pavimentos es por las capas y la flexibilidad en su comportamiento cuando pasa un vehículo por la vía. (2004, p.66).

Por ello, la realización del pavimento flexible se caracteriza por la cantidad de capas que tiene en donde en esta investigación lo que se tratara es evaluar el agregado de residuo de cerámica roja empleándose en la subbase del pavimento, en donde para poder emplear este material lo fundamental es conocer la estructura del pavimento los materiales que lo

constituyen, su proceso constructivo entre otros aspectos, ya que como se podrá conocer esta investigación está incluida en promover en reciclaje en la construcción civil, en donde otras investigaciones que son conocidas se basa de los residuos de concreto cuando se realiza la demolición a las estructuras, en donde el tema de residuos de cerámica roja, viene ser algo poco común, por ello el empleo de definiciones y características son de suma importancia para dar a entender la parte conceptual de la tesis y lo que se realizara empleando metodología para la elección adecuada del suelo en la capa de la subbase en el pavimento. La estructura de una pavimentación flexible se puede llegar a predecir en base a las cargas mediante el empleo de un análisis de multicapa elástico que llega ser también aplicado en software como una suposición a la realidad. (Zaghloul y White, 1993, p.60). Observar figura 17.



Figura 17. Capas del Pavimento Flexible

Fuente: Blog Vise

ESTRUCTURA DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

El pavimento tiene como principal función en distribuir las fuerzas verticales en toda la vía que se producen por el tráfico, y mejorar la rodadura respecto a la comodidad y seguridad de los que transitan por la vía, en base a ello soportar los esfuerzos horizontales que actúan y de esa manera haciendo más resistente la superficie de rodamiento. El pavimento flexible llega a obtener un tiempo programado de funcionamiento entre diez a veinte años esto siendo sometida a cargas altas recurrentemente en donde hasta a veces antes de culminar con la vida útil programada ya llega a presentar fallas (Dias,2004, p.67).

El pavimento flexible llega a tener una estructura con diversas capas, en donde la investigación que se pretende realizar es reemplazar los que viene ser la subbase con los

residuos de cerámica roja y a consecuencia a ello ver los resultados en los ensayos que se han mencionado por ello se debe conocer toda la estructura que constituye el pavimento flexible. Observar figura 18, figura 19 y figura 20.

Subrasante: A la subrasante se le conoce como el suelo en donde irá el pavimento, pero que esta compactada a una profundidad adecuada dependiendo mayormente de los planos y la composición del estudio del suelo (Olivera,1994).

Subbase: La subbase a comparación de la base tiene menor calidad, ya que viene ser la capa que va directo encima del terraplén. Su función es de proteger la base, si sucede lo contrario esto provocaría, cambios respecto al volumen en relación a los requisitos de humedad, que el agua ascienda por la capilaridad y transferir repartiendo las cargas en el terraplén (Olivera,1994)

Base: Esta capa de la base se realiza encima de la subbase en donde es importante que los materiales que constituye esta capa sean materiales de calidad a comparación de la anterior capa ya que, esta soportara la resistencia estructural que estará sometida por las cargas de los vehículos. [...] La base debe tener un espesor adecuado para que pueda tolerar presiones que son pasadas a la subbase (Olivera,1994).

Revestimiento: Es la capa que este hecho sobre la capa de base, en donde esta recibe directamente la acción de rodamiento de los vehículos cuando pasan por el pavimento (Dias,2004, p.67).



Figura 18. Estructura del pavimento flexible

Fuente: Pavimento SlideServe

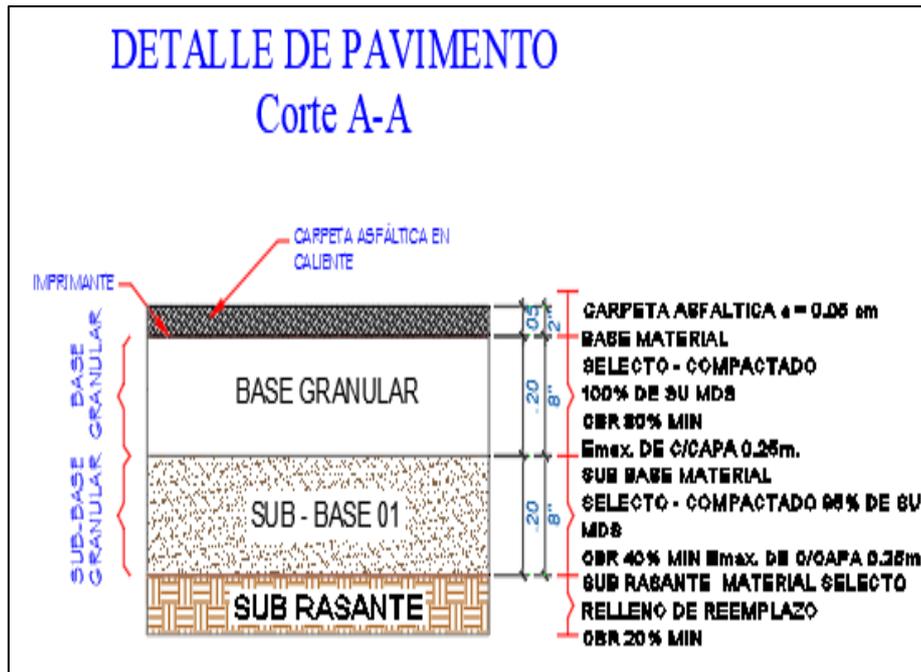


Figura 19. Detalles del Pavimento Flexible corte A-A

Fuente: Pavimento Flexible AutoCAD

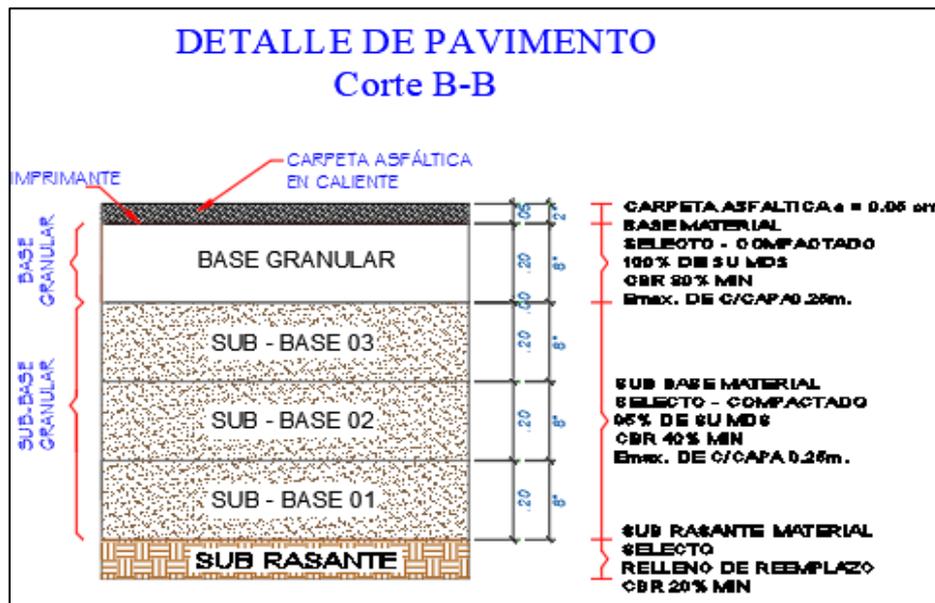


Figura 20. Detalles del pavimento flexible corte B-B

Fuente: Pavimento Flexible AutoCAD

PROPIEDADES MECÁNICAS

Las propiedades mecánicas se le consideran cuando un material o un sólido emplea una fuerza externa, en donde tiene como función en resistir diversas acciones en base a las fuerzas aplicadas. Se evaluó las propiedades mecánicas del ladrillo empleando primero las propiedades físicas del realizando pruebas referentes al control de calidad del material. (Garcia,2012, p.3). En donde la tesis que se realizo es que al aplicar los residuos de cerámica roja en la subbase tuvo que resistir todas las propiedades mecánicas que se realizaron como fue el desgaste y el ensayo de compactación que es el Próctor modificado, así mismo la capacidad de soporte con el CBR.

ENSAYO DE COMPACTACIÓN

La compactación de acuerdo a la Norma de Reglamento Nacional de Edificaciones Pavimentos Urbanos, Norma Técnica Peruana (NTP 339.142), se observa en la tabla 6, facilita el vínculo entre la cantidad de humedad y la masa específica seca que tiene el suelo, cuando es comprimido por una energía Próctor, que da en los resultados de los gráficos de 5 puntos de la curva de compactación, en donde en base a ello se puede conocer la humedad óptima de compactación. El ensayo de CBR ayuda a evaluar luego de la compactación los materiales empleados en cada una de la capa del pavimento (Israel,2011, p.89).

El proceso del ensayo de compactación, se realiza en probetas que se fusiona tanto diferentes cantidades de suelo con agua, en donde la cantidad de compactación del suelo va directamente proporcional al aumento de la humedad, cuando la densidad seca llega estar en un aspecto óptimo la humedad es la adecuada, en este ensayo se coloca en el molde que llega a compactarse con un peso señalando las humedades y densidades secas y al tener los parámetros en la humedad en porcentajes se colocan los datos en un gráfico que especificar con la abscisa el número de humedad y densidad seca, esta prueba tiene una energía de 600 KN-m/m³, con lo que respecta la Norma de Reglamento Nacional de Edificaciones Pavimentos Urbanos.

La compactación comprende el empleo de una cantidad de numero de golpes por cara cierto volumen, que llega a tener como función en disminuir los espacios que existen entre los agregados de un suelo, con la principal función de aumentar la funcionabilidad mecánica, al

conseguir una mejor colocación de los agregados sólidos, y la eliminación del aire que tiene el suelo, que provoca un incremento del peso volumétrico. En donde en el caso que el suelo tenga ausencia de humedad se le aplica mínimas cantidades de agua, y que la energía no varíe, sino que continúe simultáneamente con la constante fuerza de compactación. Su masa volumétrica asciende al emplear la acción del lubricante y el agua, hasta que se llega a un peso volumétrico con una capacidad máxima (Hurtado, 2014, p.4).

Al compactar el suelo para el ensayo tiene diversas funciones como es de incrementar el volumen de soporte en la carga, disminuir la penetración del agua en el drenaje, y los daños de la temperaturas bajas, por ello este tipo de compactación tienen dos tipos uno es de manera estándar y otro modificado, en donde el Próctor estándar es cuando el martillo de compactación de unos dos kilogramos y medio genera golpes de una altura de treinta centímetros que compactan el suelo de tres capas con algo de alrededor 25 golpes, y en el ensayo de Próctor modificado tiene una mayor cantidad de golpes que son de hasta 50 golpes, con un peso de martillo de cinco kilogramos en una altura de cuarenta y cinco centímetro por golpe. Este tipo de ensayo es ideal para utilizarlo en el laboratorio y control respecto a las mezclas asfálticas con proporción densa (Garnica, 2004, p.3). Observar figura 21 que representa la curva de compactación con el ensayo Próctor estándar y modificado, figura 22 el proceso del ensayo de compactación.

Tabla 6. *Requisitos para de compactación para el pavimento flexible*

	Base Granular	Sub-base Granular
Compactación (densidad AASHTO T-180)	≥ 95%	≥ 95%

Fuente: Norma Técnica Edificaciones CE.010 Pavimentos Urbanos

Tabla 7. *Comparación del contenido de humedad de los suelos.*

Tipos de suelos	Contenido de Humedad
1= Cascajo arenoso	$\omega = 8\%$
2= Arena	$\omega = 12\%$
3= Arcilla arenosa	$\omega = 14\%$
4= Arcilla limosa	$\omega = 15\%$
5= Arcilla plastica	$\omega = 18\%$

Fuente: Compactación de los suelos.

Tabla 8. Densidad de los tipos de suelos de SUCS.

Suelo	Posibilidades	Equipo recomendable en campo	Valores típicos
GW	+++	TR, RN, RL, PV	1,9 – 2,1 $\frac{TT}{m^3}$
GP	++	TR, RN, RL, PV	1,8 – 2,0
GM	++	RN, PC	1,9 – 2,2
GC	+	RN, PC	1,8 – 2,1
SW	+++	TR, RN, PV	1,7 – 2,0
SP	++	TR, RN, PV	1,6 – 1,9
SM	++	RN, PC	1,7 – 2,0
SC	+	RN, PC	1,6 – 2,0
ML	-	RN, PC	1,5 – 1,9
CL	+	PC, RN	1,5 – 1,9
OL	---	PC, RN	1,3 – 1,6
MH	--	PC, RN	1,1 – 1,6
CH	--	PC	1,3 – 1,7
OH	---	PC	1,0 – 1,6
Pt	No utilizar		

Fuente: Compactación de los suelos

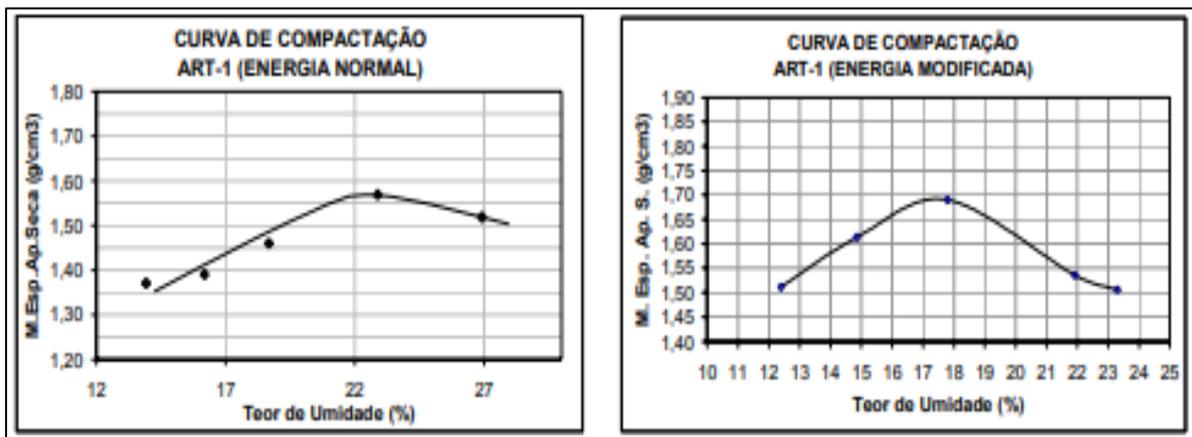


Figura 21. Curva de compactación de energía normal y modificada

Fuente: Universidad de Sao Paulo.



Figura 22. Ensayo de compactación.

Fuente: Civilgeeks.com

RESISTENCIA AL DESGASTE

La resistencia al desgaste se emplea con la máquina de los Ángeles, se basa en que los agregados gruesos con tamaños hasta (1 ½”) deben emplear este tipo de ensayo, y de esa manera determinar la resistencia al desgaste que respecta a los agregados gruesos, en donde este ensayo es eficiente respecto a la calidad relativa del material, los límites respecto a las especificaciones deben ser establecidas con cuidado, teniendo en cuenta los diversos agregados que se emplearían en las probetas y sus características (Andrade, Amestegui y Romero, 2008, p.3).

El desgaste de los ángeles que corresponde a la norma de American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) T 96, en la cual menciona que la muestra del agregado es empleada a atrición al chocar con unas esferas de forma de cilindro de característica metálica con una frecuencia de 31-33 revolución por minuto durante un periodo de 15 minutos, en el cual la norma técnica peruana correspondería al NTP 400.019. Observar tabla 7 y figura 23.

Tabla 9. Requerimiento de calidad para subbase granular

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
Abrasión Los Angeles	NTP 400.019:2002	50 % máximo	

Fuente: Norma Técnica Peruana CE.010 Pavimentos Urbanos



Figura 23. Desgaste Los Ángeles.

Fuente: Materiales para base y subbase

CAPACIDAD DE SOPORTE

ÍNDICE DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

La prueba de CBR, que se encuentra en la Norma Técnica Peruana (NTP 339.145), observar tabla 8 y 9, esta llega a medir la resistencia del suelo cuando presenta un esfuerzo, y de esta manera evaluar la calidad en la base, subbase, revestimiento del pavimento relacionado con la densidad y humedad. La prueba de CBR usualmente se realiza en campo o material de campo como arcilla moteada que llega a tener orden de hasta 60%. (Smith y Pratt, 1983, p.286).

Este ensayo calcula la carga indispensable, empleando un pistón de dimensiones a una aceleración realizada a una muestra que esta compactada al suelo después que se sumerge en el agua hasta unos cuatro días, este ensayo es importante para conocer la acumulación de humedad que se presenta en el suelo después del proceso constructivo del pavimento, luego de que ha pasado por el proceso del comportamiento del suelo y del sumergimiento, se le introduce un pistón que esta empleado con un plotter, en donde da como resultado un gráfico referente a la profundidad que ha sido introducido el pistón en la muestra de probeta, los resultados en la curva del grafico en el primer tramo casi siempre es recto y si no es el caso se tiene que corregir para que luego el tramo ultimo llega ser algo cóncavo. En el cual en la subbase del pavimento flexible el índice de soporte california debe tener un CBR (California Bearing Ratio) $> 0 = 40\%$. (Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010, p.30).

Para el ensayo de soporte de california, se basa empleando un cilindro Próctor con energía normal, intermediaria y modificada, en donde viene ser la carga unitaria, que controla la resistencia cuando sufre en el corte del suelo que presenta condiciones húmedas con una densidad moderada, cuando se hace este ensayo en laboratorio se sugiere que las probetas se saturan hasta unas 96 horas, y de esta manera conocer la calidad del suelo para las capas del pavimento, revisar la humedad y densidad, como se mencionó anteriormente los tres niveles de energía son variados dependiendo del tamaño del cilindro, el número de golpes en cada capa de la probeta, como que si se emplea una energía normal lo más considerable es que se aplique 12 golpes en 5 capas, en el caso de una energía intermedia son alrededor de 26 golpes en 5 capas y en una energía modificada son 55 golpes en 5 capas. Observar figura 24. Se

tendrán los resultados en base a una curva de compactación respecto a los puntos más representativos en el ensayo de compactación (Dias,2004, p.165).

Tabla 10. Requisitos para CBR para el pavimento flexible

Ensayo	Norma	Requerimiento	
		< 3000 msnmm	≥ 3000 msnmm
CBR de laboratorio	NTP 339.145:1999	30-40 % mínimo*	

Fuente: Norma Técnica Edificaciones CE.010 Pavimentos Urbanos

Tabla 11. Requerimiento de CBR según el Método AASHTO 93

CBR	Clasificación General	Usos	Sistema de Clasificación	
			Unificado	AASHTO
0-3%	Muy Pobre	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A5,A6,A7
3%-7%	Pobre a regular	Subrasante	OH,CH,MH,OL	A4,A5,A6,A7
7%-20%	Regular	Sub-base	OL,CL,ML,SC	A2,A4,A6,A7
			SM,SP	
20%-50%	Bueno	base, subbase	GM,GC,W,SM	A1b,A2-5,A3
			SP,GP	A2-6
> 50%	Excelente	base	GW,GM	A1-a,A2-4,A3

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería.



Figura 24. Ensayo de CBR

Fuente: Revista Electrónica de Gestión y Tecnología Ambiental (GESTA)

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El problema, por la cual se planteó la presente investigación, es por la gran demanda de residuos de cerámica roja que corresponde a ladrillos, tejas, baldosas, tubos de cerámica entre otros materiales producida por las demoliciones o cuando el material ya no cumple con sus funciones presentando alguna falla en su proceso de producción, en donde generalmente estos residuos son desechados en las escombreras, vertederos/basurales, ríos o avenidas, provocando más contaminación de lo habitual.

PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuáles fueron los efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019?

PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Cómo afecto a las propiedades mecánicas de la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima - 2019?
- ¿Cuál fue la capacidad de soporte que produjo la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima - 2019?
- ¿Cuál fue el porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019?

JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Esta tesis se debió a la situación de la problemática que se tiene hoy en día, en donde se busca dar un mejor uso a los residuos de cerámica roja cuando las personas creen que ya cumplió su periodo total de vida útil y emplearlo de una manera innovadora en la subbase del pavimento flexible.

JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

Desde la perspectiva teórica, se pudo conocer a mayor profundidad del tema que respecta al proceso de pavimentación y sus capas, y de la misma manera de las características de los residuos de cerámica roja, como de la información de los ensayos a emplear para dar certeza

a la investigación, todo en base a la norma ASTM (Sociedad Americana para Pruebas y Materiales) y MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) para la pavimentación.

JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Los estudios de los efectos de las propiedades en el pavimento flexible reemplazando la sub base por residuo de cerámica roja, y de esa manera influir en el aspecto de la reutilización de ese tipo de materiales que existe con gran demanda en el país, y aplicarlo como un aporte en la pavimentación.

JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

Con respecto a la economía, esta investigación influye de gran manera ya que al realizar una pavimentación de tipo flexible como se conoce hoy en día tiene un gran costo que asciende de tal manera que los municipios prefieren rehabilitarlas a realizar uno nuevo, en donde al emplear el residuo de cerámica roja y reemplazarlo en la subbase disminuye con gran criterio el costo normal, por ello en Brasil ya emplean y proponen este tipo de pavimentación en ciertas avenidas.

JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Respecto a lo ambiental está totalmente vinculado, ya que se busca la reutilización y la disminución, de las cerámicas rojas como, ladrillo, baldosas, tejas, tubos de cerámica, etc. cuando son llevados como escombros al culminar su vida útil programado, y de esa manera reducir en gran porcentaje el impacto ambiental que existe hoy en día ya que frecuentemente estos materiales, son botados en los ríos, escombrera, o dejados hasta incluso en los basurales y en las esquinas de las avenidas, por ello al emplear este residuo de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, ayudaría tanto en lo ambiental como en lo económico comparando con el proceso constructivo de un pavimento convencional.

HIPÓTESIS:

HIPÓTESIS GENERAL

- La reutilización de los residuos de cerámica roja beneficia en la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019.

HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

- Las propiedades mecánicas de la subbase del pavimento flexible mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima - 2019.
- La capacidad de soporte de la subbase del pavimento flexible mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima - 2019.
- La dosificación de 50% residuo de cerámica roja presenta mejores resultados en la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019.

OBJETIVOS

OBJETIVOS GENERALES

- Identificar los efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Analizar las propiedades mecánicas en la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima - 2019.
- Evaluar la capacidad de soporte que produce la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima - 2019.
- Determinar el porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019.

II. MÉTODO

La investigación estuvo enfocada en el método científico, por lo que fue vista a una problemática y de esa manera generar resultados en base a las preguntas que se plantearon. Al respecto Borja (2012) menciona: El método Científico es considerado al seguimiento que se realiza para buscar dar solución a las interrogantes establecidas en la investigación que llegan a ocurrir en los diversos aspectos de la naturaleza o la sociedad (p. 8).

2.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El tipo de la tesis es de forma **aplicada** debido a que tuvo como función en dar soluciones precisas a problemas en específico que en este aspecto es de la reducción de la cerámica roja y como solución en el empleo de la capa de la subbase y base del pavimento. Según Hernández menciona:

Toda investigación efectúa dos tipos de propósitos en específico, que viene ser la investigación básica este tipo tiene como objetivo en realizar nuevos conocimientos respecto a un problema o un objeto a comparación del tipo aplicada que es de generar maneras para resolver problemas de la investigación (2014, p.42).

El diseño de la tesis fue de manera **experimental**, ya que se basó en demostrar la existencia de relación que existe entre dos variables, en base a ensayos para luego llegar a sus resultados. Hedrick (1993) menciona: La realización del diseño de investigación de manera experimental se llega a manipular las variables en donde la investigación generalmente es de forma cuantitativa. (p.58).

ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Con lo que respecta al enfoque de esta tesis fue de forma **cuantitativo** ya que la investigación se basó en el empleo de resultados en base a números y estudios. Según Hernández (2014) infiere que: Una investigación de forma cuantitativa realiza la aplicación de apuntes, y justificación con referencia a evaluaciones numerales, con objetivo de demostrar nuevas leyes (p.18).

NIVEL DE INVESTIGACIÓN

La tesis tuvo un nivel de manera **correlacional-experimental** porque se relacionaron la variable dependiente e independiente y el empleo de diversos ensayos en laboratorio para la

obtención de los resultados. Al respecto Hernández (2014) señala: Una investigación de forma correlacional significa que tiene relación entre dos temas o variables con muestras o condiciones específicas (p.95).

2.2. OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

Los residuos de cerámica roja de una manera general se relacionan en la categoría de los materiales con características inorgánicas, que se obtienen luego de un tratamiento térmico en temperaturas altas, en donde comprende los materiales con color rojizo como son los ladrillo, bloques, tejas, entre otros, que son utilizados en ingeniería civil (Asociación brasilera de cerámica,2006).

SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE

La subbase del pavimento flexible se le considera por tener un cierto espesor en el pavimento flexible, su principal función es de evitar que el agua del terraplén aumente por capilaridad, en donde deberá transferir de manera apropiada los esfuerzos a la terracería. (Ortega,2015, p.1).

OPERACIONALIZACIÓN DE LA VARIABLE

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología de Investigación
Variable Independiente					
Residuos de ceramica roja	Según Asociación brasilera de ceramica (2006) menciona que: La ceramica roja de una manera general se relaciona en la categoria de los materiales con características inorganicas que se obtienen luego de un tratamiento termico en temperatura altas, en donde comprende los materiales con color rojizo como son los ladrillos, bloques, tejas, entre otros, que son utilizados en ingenieria civil.	Los residuos de ceramica roja como los ladrillos, tejas, bloques, tubos de ceramica entre otros se reemplazaran en la capa de la subbase del pavimento.	Caracterización Física	Granulometria	Metodo: Metodo Cientifico por lo que fue vista a una problemática y de esa manera generar resultados en base a las preguntas que se han planteado.
				Limite Liquido	
				Limite Plastico	
			Dosificación	12.5%	Enfoque: Sera de forma cuantitativa y a que la investigacion se baso en el empleo de resultados en base a numeros y estudios.
				25%	
				50%	
Variable Dependiente					
Subbase del pavimento flexible	Según Becerra (2012, p.5) señala que: El pavimento flexible se le considera cuando el pavimento emplea una capa de cemento asfáltico, en donde su función es de transmitir el peso de los vehiculos que existe en la via a la carpeta de rodadura y subbase en donde el asfalto no tiene la función de absorber el peso de los vehiculos, por ello el pavimento flexible necesita de una mayor cantidad de capas.	Al pasar por el proceso de reemplazar los residuos de ceramica roja en la subbase del pavimento flexible se realizaran diversos ensayos en donde se sometera ensayos para las propiedades fisicas y luego la resistencia.	Propiedades Mecanicas	Compactación	Tipo de Investigación: Es de forma aplicada y a que tiene como funcion en dar soluciones precisas a problemas en especifico.
				Desgaste	Nivel de Investigación: Tuvo un nivel de manera correlacional-experimental porque se relaciona la variable dependiente e independiente.
			Capacidad de Soporte	% CBR	Diseño de la Investigación: Sera de manera cuasi-experimental al demostrar la relacion de dos variable.

Fuente: Elaboración Propia.

2.3 POBLACIÓN, MUESTRA Y MUESTREO

POBLACIÓN

Esta investigación estuvo enfocada en el aspecto de los residuos de cerámica roja, en donde a comparación de otras investigaciones que son empleando una formula finita, esta se basó más en la cantidad de probetas y ensayos que fueron sometidos las probetas para su empleo en la subbase del pavimento flexible con residuo de cerámica roja, realizando los ensayos al suelo y residuos de cerámica para el pavimento por ende, la población fue de forma infinita, que correspondió a los pavimentos con reutilización de residuos de cerámica roja. En el momento que se especifica la unidad de análisis, se continuó a determinar la población que se estudia con el cual se conoció los resultados. (Arias, 2012, p.174).

MUESTRA:

La muestra fue en base a la cantidad de ensayos a someterse de esa manera se vio su determinación a la capacidad de soporte, en donde la investigaciones que se ha utilizado como guía, se recomienda emplear los residuos de cerámica roja mezclado con suelo para el empleo de la pavimentación, por ello se empleó la relación entre el material suelo de la cantera de La Molina y los residuos de cerámica roja que fueron pasados por los ensayos de características físicas que es la granulometría, limite líquido y plástico para que luego se realicen los otros ensayos que fueron el de compactación, %CBR y desgaste se obtuvo estos resultado con el ensayo de la máquina de los ángeles en la cual tuvo su consistencia en: relación de 87.5% suelo + 12.5% RCR , 75% suelo + 25% RCR y 50% suelo + 50% RCR. En ocasiones no se llega a poder medir a toda la población en donde se realiza una muestra, en donde se llega a querer obtener que esta muestra sea un reflejo similar a la población. (Hernandez,2014, p 170).

Tabla 12. *Resumen de ensayo para las características físicas.*

Material	Ensayos a realizar		
	Granulometria	Limite liquido	Limite plastico
Suelo,residuo de ceramica roja y dosificaciones	5	5	5

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 13. Resumen de muestra en relación Suelo-RCR

Dosificaciones	Ensayos a realizar		
	%CBR	Compactación	Desgaste
Solo Suelo	1	1	1
12.5% R.C.R	1	1	
25% R.C.R	1	1	
50% R.C.R	1	1	

Fuente: Elaboración Propia

Suma total: 25 ensayos

MUESTREO

La presente investigación tuvo un muestreo de manera **no probabilística** ya que, se realizó con ensayos en base a porcentajes de dosificación según investigaciones pasadas ya establecidas no al azar, de manera que se obtuvo resultados en base lo que requiere la investigación. La selección de los componentes no requiere de la probabilidad más bien del origen referente a la situación de la investigación. (Hernandez,2010, p 176).

2.4 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS, VALIDEZ Y CONFIABILIDAD

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Para la realización de la investigación se empleó diversas fuentes de investigación tanto de manera primarios, como es en el caso de estudios de ensayos en laboratorio y de esa manera obtener resultados y resolver el problema de investigación planteada, y las fuentes secundarias que son en base a investigaciones anteriores de tesis, artículos y realización de este proceso en municipios, referentes al tema en donde produzca una base de confiabilidad respecto al tema

INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN

Para adquirir los resultados y resolver las problemáticas planteadas en la investigación se empleó como instrumento fichas técnicas que fueron elaborados por el laboratorio al culminar los ensayos que correspondieron a las propiedades físicas que fueron la granulometría, limite líquido y limite plástico, de igual manera para las propiedades mecánicas que fueron CBR, compactación con el Próctor modificado, y el ensayo de desgaste con la máquina de los ángeles de esa manera poder conocer la calidad de la subbase de la subbase del pavimento flexible y para la dosificación se dio empleo una ficha de recolección de datos elaborado por el autor.

VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

El proceso de validar una investigación viene ser de forma primordial, en donde este tipo de validación influye dependiendo del instrumento que se empleó, como en el caso de este estudio es basado en laboratorio con ensayos se empleó en base a la norma para pavimento en Perú que vendría ser el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM) y para realizar la dimensión de dosificación se empleó una ficha de recolección de datos que fue validado a través de un juicio de expertos que correspondió la firma de confirmación del instrumento de tres ingenieros profesionales de la carrera de ingeniería civil que estuvo conformado por una validez de 0 a 1 que correspondió 0 si el instrumento de recolección de datos no es válido y 1 si tiene una validez alta.

Tabla 14. *Validación de expertos*

Expertos	Puntaje de Evaluación
Experto 1	1
Experto 2	1
Experto 3	1
Puntaje Final	1

Fuente: Elaboración Propia

En lo cual la presente investigación tuvo una validez de 1 en el instrumento sometido al juicio de experto, por tres ingenieros civiles llegando a considerarse en un rango alto.

CONFIABILIDAD DEL INSTRUMENTO

La investigación que se ha realizado, obtuvo su grado de confiabilidad dependiendo principalmente de las normas y certificado de los ensayos que fueron obtenidos en el momento de culminación de todos los estudios del laboratorio con residuos de cerámica roja señalados en la matriz, al emplear el instrumento para la dosificación que se elaboró por el investigador si se sometió a la confiabilidad.

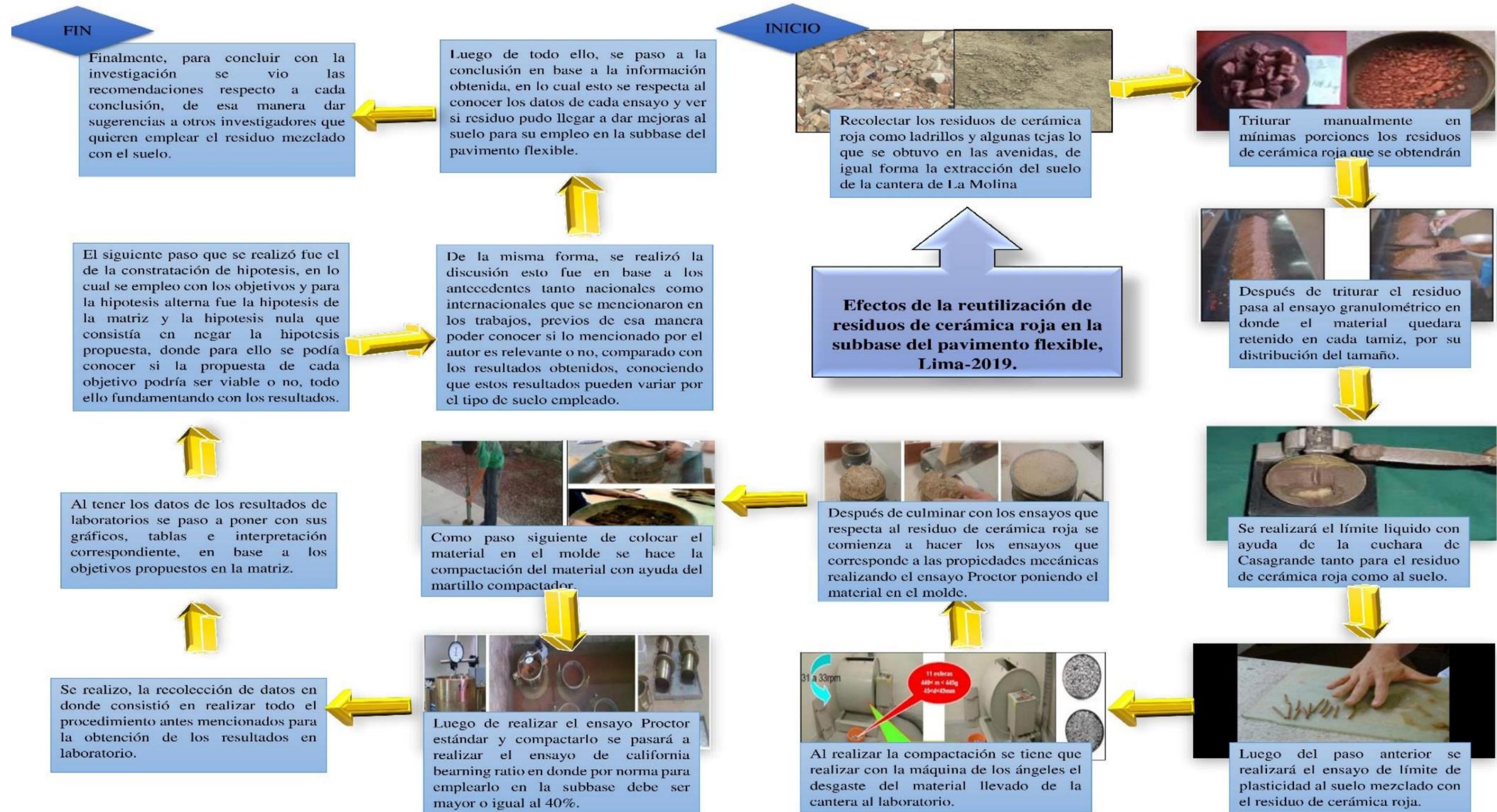
Tabla 15. *Niveles de coeficiente de confiabilidad.*

Rangos	Magnitud
0.81 a 1.00	Muy alta
0.61 a 0.80	Alta
0.41 a 0.60	Moderada
0.21 a 0.40	Baja
0.0 a 0.20	Muy baja

Fuente: Elaboración Propia

En lo cual, respecto a la confiabilidad realizado al instrumento de la dimensión dosificación sometido al juicio de expertos por tres ingenieros civiles colegiados, dio un resultado de 1 llegando a tener una magnitud de muy alta, teniendo en consideración que los rangos iban de 0 como confiabilidad de muy baja hasta el 1 que se considera a muy alta, por lo tanto en base a los niveles de coeficiente de confiabilidad se pudo llegar a aceptar el instrumento al obtener el resultado final de 1, en lo que respecta al laboratorio fueron respecto a los ensayos que se realizaron de esa manera poder llegar a obtener los resultados firmados y sellados, de igual forma un informe del laboratorio que sustente los ensayos realizados.

2.5 PROCEDIMIENTO



2.6 MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS:

Como la investigación que se llevó a cabo fue de enfoque cuantitativo por lo mencionado anteriormente, se llevó a cabo en base a los análisis de datos que dio los resultados en laboratorio, y explicando lo que significa estos resultados en las conclusiones, más porque es una investigación de forma experimental que tendrá como función en ver la capacidad de soporte del pavimento cuando esta emplee residuos de cerámica roja.

2.7 ASPECTOS ÉTICOS:

Respecto a los aspectos éticos en esta investigación, se realizó de acuerdo a las normas de ISO 690, citando a cada autor con su investigación, y en las referencias bibliográficas describiendo la autoría con todos los datos que especifica la norma, tanto en páginas web, como libros y tesis. En donde se tuvo una total transparencia en la investigación basándonos en la norma y en la confiabilidad que fueron demostrado con lo que respecte a los ensayos en laboratorio.

III. RESULTADOS

3.1 DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

El lugar en donde se adquirió el material de suelo fue en la Cantera de la Molina a la altura de Musa en el cual fue un suelo de característica limoso que se encuentra ubicado LM-19 La Molina 15026, Coordenadas: 12°05'00" al Sur 76°53'17" al Oeste, como se observa en la figura 25.



Figura 25. Lugar de extracción del suelo

Fuente: Google Maps

Para realizar los estudios de laboratorio que corresponde a los ensayos físicos y mecánicos se tuvo que recolectar unos 250 kg de material de suelo conociendo que por CBR y Próctor son alrededor de 80 kg por los dos ensayos y al ser esta investigación de una mezcla de suelo más residuo de cerámica roja se llegó a conocer que necesitaríamos menos material de suelo de lo usual, en lo cual se hizo una regla de tres simples para los porcentajes que correspondía a solo suelo, como se observa en la figura 26.



Figura 26. Suelo Limoso de la Cantera

Fuente: Foto Propia

Con lo que respecta al residuo de cerámica roja se obtuvo el material tanto del distrito de San Martín de Porres en la Av. Central y Av. Canta Callao así mismo en el distrito del Callao ubicado el residuo en la Av. Acapulco en dirección de la Av. Néstor Gambetta Callao, en lo cual se obtuvieron alrededor de 100 kg de residuo, que pasaron a ser triturados manualmente para proceder con los ensayos en laboratorio al ser mezclados con el suelo, como se observa en la figura 27,28,29 y 30.



Figura 27. Av. Central y Av. Canta Callao

Fuente: Google Maps

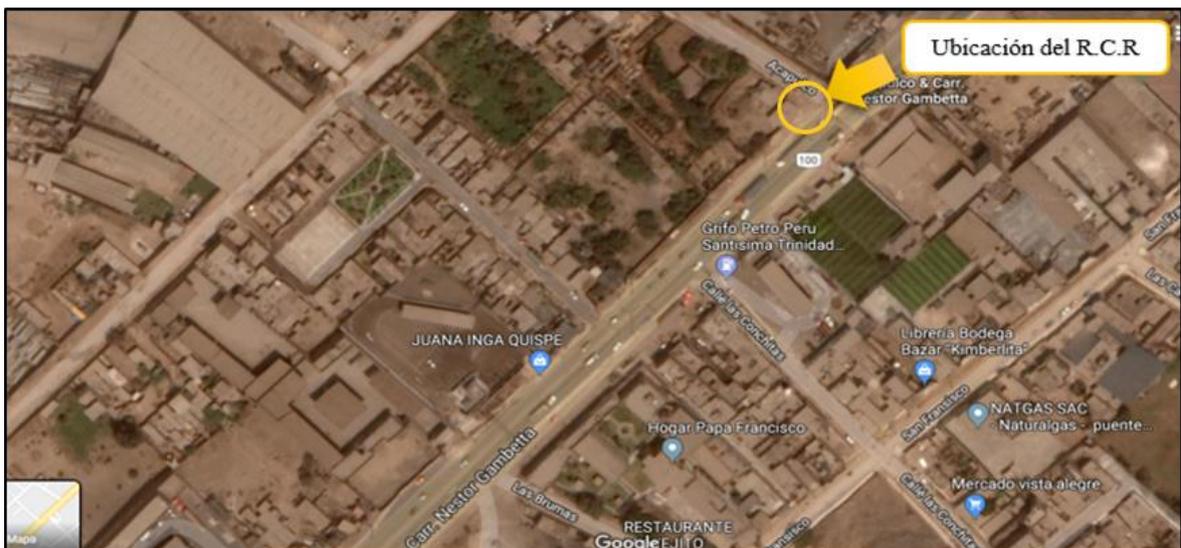


Figura 28. Av. Acapulco en dirección de la Av. Néstor Gambetta Callao.

Fuente: Google Maps



Figura 29. Residuo de cerámica roja obtenida.

Fuente: Foto Propia



Figura 30. Residuo de cerámica roja obtenida.

Fuente: Foto Propia

Por consiguiente, la cantidad de material para el suelo y el residuo de cerámica roja fue respecto a la cantidad de material que requería los ensayos, por ello se obtuvo cantidades de:

SUELO

Tabla 16. *Resumen de cantidad de muestra de suelo para los ensayos.*

Suelo de la cantera de La Molina	80 kg	Solo suelo
	70 kg	87.50%
	60 kg	75%
	40 kg	50%
Suma total 250 kg		

Fuente: Elaboración Propia

RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

Tabla 17: *Resumen de cantidad de muestra de residuo de cerámica roja para los ensayos.*

Residuo de ceramica roja	10 kg	12.50%
	20 kg	25%
	40 kg	50%
Suma total 70 kg		

Fuente: Elaboración Propia

3.2 TRABAJOS PRELIMINARES

1. Se recolecto el material de la cantera de la Molina que se encuentra a la altura de Musa en donde al conversar con el encargado nos hizo conocer que esa cantera ya no estaba siendo operativo de hace un tiempo por motivos que se había explotado gran parte del material que al entrar se pudo observar una profundidad como forma de hueco, en el mismo lugar también que actualmente esa zona estaba siendo vendida como terreno, en donde se obtuvo alrededor de 250 kg para todos los ensayos que se necesitaba siendo unos 4 sacos y medio lo obtenido, cómo se observa en la figura 31.



Figura 31. Extracción del suelo de la Cantera.

Fuente: Foto Propia

2. Luego se buscó el residuo de cerámica roja, en donde había gran cantidad de esos residuos en todos lados, por ello se obtuvo en dos lugares en San Martín de Porres y en el Callao, en un lugar específico en donde había variedad de esos materiales, por ello se llevó alrededor de 100 kg en el auto, cómo se observa en la figura 32 y 33.



Figura 32. Lugar donde se encontró el residuo de cerámica roja

Fuente: Foto Propia



Figura 33. Colocación del residuo en el auto.

Fuente: Foto Propia

3. Al obtener el material se pasó al proceso del triturado, esto se llevó a cabo primero llevando al reciclado al agua para que al triturarlo sea algo más fácil, con la comba

empezar a golpearlo hasta que quede en partículas con diámetros de rangos mayores y menores a 0.075 mm, poniendo un plástico en donde se está realizando el triturado para que no se combine con algún material del suelo, y llevarlo con el badilejo al saco que estaba recolectando el material, cómo se observa en la figura 34 y 35.



Figura 34. Material del residuo triturado.

Fuente: Foto Propia



Figura 35. Material incorporado en el saco.

Fuente: Foto Propia

4. Al tener todos los materiales que se requerían se pasó, a llevarlo al laboratorio en lo cual para los ensayos físicos que correspondieron, para conocer la granulometría, los límites de consistencia y la clasificación del material, se tuvo que llevar 10 kg del suelo extraído de la cantera y 10 kg del residuo de cerámica roja, para esos ensayos a la UNFV en donde primero se pesó el material en la tara para proseguir a llevarlo al horno durante 24 horas y dejarlo enfriar al aire libre, y pesar la muestra para poder llegar a conocer el contenido de humedad del material, luego de todo ese proceso del ensayo se empezó a realizar el tamizado poniendo la mallas de menor a mayor para poder anotar la cantidad de material, retenido y pasante, de esa manera realizar el cuadro de granulometría y la curva granulométrica de la misma forma su clasificación del suelo según SUCS Y AASHTO, cómo se observa en la figura 36.



Figura 36. Tamiz y material empleado en la granulometría

Fuente: Foto Propia

5. Con el material que se había llevado al horno para el ensayo de granulometría se realizó los límite de consistencia, que correspondieron al límite líquido y plástico, con lo que respecto al límite plástico en una placa de vidrio se añadió una pequeña cantidad de agua combinada con el suelo mezclándolo para que luego moldear los rollitos de forma cilíndrica de tamaños alrededor de 1/8" o 3 mm de diámetro, en este caso al querer llegar a esos rangos se rompía los rollitos, en lo que respecto al límite líquido se empleó con la copa de Casagrande en donde los resultados no fueron favorables llegando a obtener en los resultados que el suelo ni el residuo presentaban límites, cómo se observa en la figura 37 y 38.



Figura 37. Ensayo de Limite Líquido.

Fuente: Foto Propia



Figura 38. Ensayo de Limite Plástico.

Fuente: Foto Propia

6. Respecto a los ensayos mecánicos que se realizaron fue del ensayo de desgaste y compactación, en lo que respecta al ensayo de desgaste fue empleando la máquina de los ángeles luego de pasar por la granulometría correspondiente que fue la gradación “D” al pasar por la malla N°4 y retenerse en la malla N°8, en lo cual este ensayo consiste en llevar esos materiales retenido en la carga abrasiva del cilindro, llegando a girar con una velocidad de 30 y 33 revoluciones por minuto, girando hasta un total de 500 vueltas, empleando un peso inicial de la muestra 5000gr y con una muestra de peso final de 3250 gr, cómo se observa en la figura 39.



Figura 39. Máquina de los Ángeles empleado.

Fuente: Foto Propia

7. Para realizar el ensayo Próctor modificado, se empleó con el material de solo suelo, y los porcentajes establecidos en combinación de suelo más el residuo de cerámica roja, en donde para dar inicio ese ensayo se puso el material en una bandeja para poder mezclarlo con agua hasta que llegue a tener un volumen bien humedecido al ya tener el molde Próctor debidamente colocado se pasó a colocar el material con ayuda de la espátula en el molde Próctor, en la primera capa se realizó unos 25 golpes a una altura de 45.7 cm con un peso del pisón de 4.5 kg, donde el mismo proceso se realizó en 5 capas, se retiró el molde para luego retirar el suelo excedente compactado que se encontraba en el collarín para luego pesarlo, y finalmente llegar a extraer la muestra del molde haciéndolo un corte de forma vertical para que una mitad se pese y la otra mitad se vaya al horno de esa manera calcular la humedad de la muestra, cómo se observa en la figura 40.



Figura 40. Ensayo Próctor Modificado

Fuente: Foto Propia

8. Para dar inicio al ensayo de CBR se pasó a retirar el disco, para que se pueda voltear la muestra y sobre eso poder colocar los anillos que tendrán como función en simular el espesor del asfalto, para luego pasarlo a sumergir antes de ello colocar de forma correcta el deformímetro luego de estar sumergido el molde durante 96 horas que equivale 4 días que corresponde a la prueba de penetración, se colocó el molde en la maquina en donde digitalizara la curva de CBR permitiendo identificar el índice en relación de la penetración en pulg y la carga en lb, cómo se observa en la figura 41.



Figura 41. Máquina para el ensayo de CBR

Fuente: Foto Propia

3.3 ANÁLISIS DE RESULTADOS

Para la elaboración de los resultados se dio uso de los porcentajes establecidos de 12.5%, 25% y 50% de residuo de cerámica roja, en lo cual para cada ensayo se rigió en base a las normas ASTM según lo establecido en los laboratorios de la UNFV y PENSIC.

3.3.1 Propiedades mecánicas en la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

El suelo que se llegó obtener es de la cantera de la Molina fue de una clasificación de arena limosa por lo cual se llegó a realizar diversos ensayos para el suelo, y como en este caso es con la incorporación del residuo de cerámica roja de igual forma se le realizó los ensayos para conocer sus propiedades mecánicas que correspondieron al ensayo de desgaste con la máquina de los ángeles y el ensayo de compactación con el Próctor Modificado.

ENSAYO DE DESGASTE (MAQUINA DE LOS ANGELES)

Con lo que respecta a las propiedades mecánicas se realizó, el ensayo de desgaste con la máquina de los ángeles en tamaños menores-grava, en lo cual por el material a emplearse fue de arena limosa:

Tabla 18. Resultados del Ensayo de Desgaste

Ensayo de abrasión	
Descripción	Cálculo
Tipo de muestra	Grava
Gradación usada	D
Nº de esferas	6
Nº de revoluciones	500
Peso muestra inicial	5000
Peso muestra final	3250
Perdida	1750
Desgaste	35%

Fuente: Elaboración Propia.

En lo cual, conociendo que para cada ensayo existe una fórmula para obtener el resultado final en lo que se utilizó para el ensayo de la máquina de los ángeles fue la fórmula de:

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{P_{\text{inicial}} - P_{\text{final}}}{P_{\text{inicial}}} \times 100$$

Teniendo los datos de laboratorio:

Peso muestra inicial: 5000 gr

Peso muestra final: 3250 gr

$$\% \text{ Desgaste} = \frac{5000 - 3250}{5000} \times 100 = 35\%$$

INTERPRETACIÓN:

En la tabla 18, se pudo observar el ensayo de desgaste en lo cual consistió en haber pasado el suelo por la granulometría correspondiente en donde se pudo conocer que el material se realizó en base a la categoría D donde con lo que respecta a la granulometría se empleó una muestra de 5000 gr pasante en la malla N°4 y retenido en la malla N°8, en lo cual se empleó con 6 esferas por ser categoría D, y de 500 revoluciones por minuto, obteniendo una muestra final de 3250 gr, perdiendo un material de 1750 gr, empleando la fórmula de desgaste que es el peso de la muestra inicial menos el peso de la muestra final dividido por el peso inicial todo por 100 por ser porcentaje llegando a obtener 35% de desgaste. En lo cual llego a cumplir con la norma Ce Pavimento Urbanos que debe ser un desgaste como máximo de 50%, para su empleo en la subbase del pavimento flexible.

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO (100% SUELO)

Para realizar los ensayos que corresponden a Próctor modificado en la cual se trabajó con el 100% suelo se obtuvo los siguientes resultados, empleando los equipos de laboratorio de una balanza y un horno eléctrico.

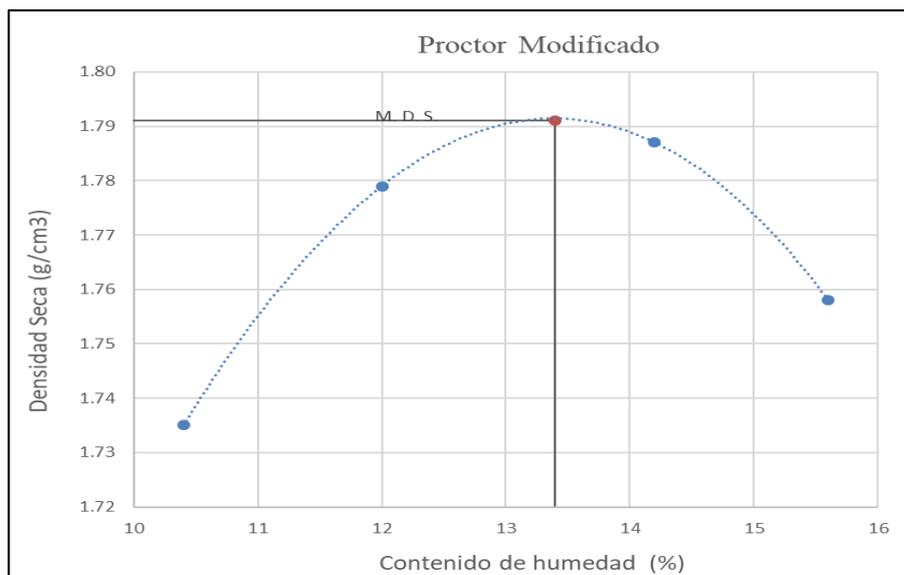


Figura 42. Ensayo próctor Modificado 100% Suelo

Fuente: Elaboración Propia

Como se observa en la figura 42 se pudo conocer de qué forma fue la curva de compactación, de igual forma el mayor porcentaje de humedad y de densidad seca, llegando a observarse la máxima densidad seca con 1.791 y el óptimo contenido de humedad de 13.4%.

Tabla 19. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Humedad (%)	10.40	12.00	14.20	15.60
Densidad Seca (g/cm³)	1.74	1.78	1.79	1.76

M. D. S. = 1.791 Kg/cm³
O. C. H. = 13.4

Fuente: Elaboración Propia

Para el ensayo de compactación se obtuvo datos en el laboratorio como los pesos de la tara, del molde así mismo del suelo para luego llegar a emplear las fórmulas correspondientes que fueron 3, para poder conseguir el gráfico anteriormente vista, conociendo los datos:

- Volumen del molde: 950 cm³
- Peso del Pisón: 4.5 kg
- Altura de caída del pisón: 45.7 cm

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{1819 \text{ gr}}{950 \text{ cm}^3} = 1.915 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad se sacaron por cada molde dos muestras y luego obtener el promedio:

$$\text{Contenido de Humedad1} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{26.4 \text{ gr}}{254.6 \text{ gr}} = 0.104 = 10.4\%$$

$$\text{Contenido de Humedad2} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{26.8 \text{ gr}}{259.3 \text{ gr}} = 0.103 = 10.3\%$$

$$\frac{\text{Contenido de Humedad 1} + \text{Contenido de Humedad 2}}{2} = \frac{10.4\% + 10.3\%}{2} = 10.4\%$$

$$\text{Densidad del Suelo Seco} = \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{1.915 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{10.4}{100}} = 1.735 \text{ gr/cm}^3$$

Tabla 20. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Numero de Ensayo		1		2		3		4	
Peso Suelo Humedo+Molde	gr	3644		3718		3764		3755	
Peso del Molde	gr	1825		1825		1825		1825	
Peso Suelo Humedo	gr	1819		1893		1939		1930	
Volumen del Molde	cm ³	950		950		950		950	
Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.915		1.993		2.041		2.032	
Tarro N°		492	554	68	152	154	374	562	211
Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	281	286.1	302.5	303.4	289.6	286.1	280.3	280.6
Peso Suelo Seco + Tarro	gr	254.6	259.3	270.2	270.8	253.5	250.8	242.8	242.3
Peso del Tarro	gr	0	0	0	0	0	0	0	0
Peso del Agua	gr	26.4	26.8	32.3	32.6	36.1	35.3	37.5	38.3
Peso Suelo Seco	gr	254.6	259.3	270.2	270.8	253.5	250.8	242.8	242.3
Contenido de Humedad	%	10.4	10.3	12	12	14.2	14.1	15.4	15.8
Promedio de Humedad	%	10.4		12		14.2		15.6	
Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.735		1.779		1.787		1.758	

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la tabla 19 y 20 se conoció el procedimiento para la obtención de los datos finales, teniendo en cuenta el peso de los materiales tanto seco como húmedo, el peso del tarro y del molde de esa manera obtener la compactación de golpe con el pisón, en el cual se repitió el

mismo procedimiento para cada una de los moldes, en lo que se pudo observar que para el contenido de humedad se utilizó dos muestras por cada molde y sacar su promedio.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 42 y la tabla 19 y 20 se pudo observar los resultados de la curva de compactación con solo suelo de la cantera de la molina teniendo una energía de 27.4 kg-cm/cm³, en lo cual consistió en realizar 5 capas con unos 25 golpes por capa en cada compactación teniendo una altura de caída del pisón de 45.7 cm, teniendo un peso del pisón de 4.5 kg y el volumen del molde de 950 g/cm³, como resultado una relación de contenido de humedad y la densidad de suelo seco obteniendo un óptimo contenido de humedad de 13.4% y máxima densidad seca de 1.791 g/cm³, con el método A de compactación, en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1557, MTC E 115. En lo cual basándonos en la norma AASHTO T-180 la compactación debe ser de un 95% como mínimo llegando a realizarse la compactación de esa manera cumpliendo con dicha norma, en lo cual según SUCS para el suelo de características de arena limosa debe tener un contenido de humedad de hasta un 15% llegando a aproximarse con el resultado obtenido de 13.4%, en lo que respecta a la densidad seca para el suelo SM (suelo limoso) debe tener valores de 1.7-2.0 g/cm³, llegando a cumplir en ese aspecto con un 1.791 g/cm³..

ENSAYO PROCTOR MODIFICADO 87.5% SUELO + 12.5% RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

Para continuar realizando los ensayos de Próctor modificado se llegó a emplear porcentajes de mezcla de suelo 87.5% + 12.5% de residuo de cerámica roja en lo cual llego a obtenerse los siguientes resultados, empleando los equipos de laboratorio de una balanza y un horno eléctrico.

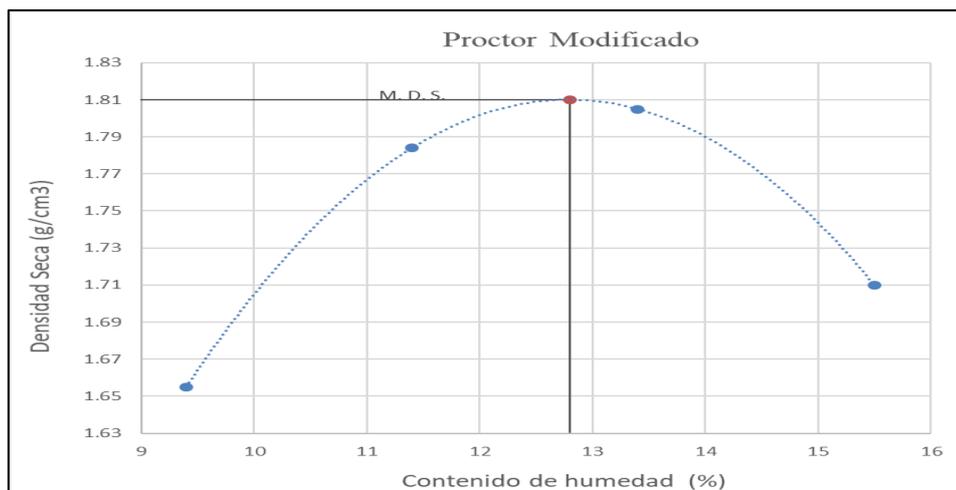


Figura 43. Ensayo Próctor Modificado 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 43 se pudo conocer de qué manera fue la curva de compactación, de igual forma el mayor porcentaje de humedad y de densidad seca, lo cual se obtuvo para los cuatro puntos de la curva que fue para el promedio de humedad: 9.4%, 11.4%, 13.4% y 15.5% con lo que respecto a la densidad del suelo seco: 1.655gr/cm³, 1.784gr/cm³, 1.805gr/cm³ y 1.710 gr/cm³.

Tabla 21. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Humedad (%)	9.40	11.40	13.40	15.50
Densidad Seca (g/cm ³)	1.66	1.78	1.81	1.71

M. D. S. = 1.810 Kg/cm³ O. C. H. = 12.8

Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{1720 \text{ gr}}{950 \text{ cm}^3} = 1.811 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad se sacaron por cada molde dos muestras y luego obtener el promedio:

$$\text{Contenido de Humedad}_1 = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{41.5 \text{ gr}}{433.9 \text{ gr}} = 0.096 = 9.6\%$$

$$\text{Contenido de Humedad}_2 = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{40.8 \text{ gr}}{449.8 \text{ gr}} = 0.091 = 9.1\%$$

$$\frac{\text{Contenido de Humedad } 1 + \text{Contenido de Humedad } 2}{2} = \frac{9.6\% + 9.1\%}{2} = \boxed{9.4\%}$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{1.811 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{9.4}{100}} \\ &= \boxed{1.655 \text{ gr/cm}^3} \end{aligned}$$

Tabla 22. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Numero de Ensayo		1		2		3		4	
Peso Suelo Humedo+Molde	gr	3545		3713		3770		3701	
Peso del Molde	gr	1825		1825		1825		1825	
Peso Suelo Humedo	gr	1720		1888		1945		1876	
Volumen del Molde	cm ³	950		950		950		950	
Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.811		1.987		2.047		1.975	
Tarro N°		463	527	141	219	9	463	501	370
Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	600.2	622.4	414.5	527.8	613.3	589.8	650.4	624
Peso Suelo Seco + Tarro	gr	558.7	581.6	378.6	488.5	552.3	528.6	573	557.3
Peso del Tarro	gr	124.8	131.8	64.1	139.4	104.7	66.4	64.1	133.3
Peso del Agua	gr	41.5	40.8	35.9	39.3	61	61.2	77.4	66.7
Peso Suelo Seco	gr	433.9	449.8	314.5	349.1	447.6	462.2	508.9	424
Contenido de Humedad	%	9.6	9.1	11.4	11.3	13.6	13.2	15.2	15.7
Promedio de Humedad	%	9.4		11.4		13.4		15.5	
Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.655		1.784		1.805		1.710	

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la tabla 21 y 22 se conoció el procedimiento para la obtención de los datos finales, teniendo en cuenta el peso de los materiales tanto seco como húmedo, el peso del tarro y del molde de esa manera obtener la compactación de golpe con el pisón.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 43 y la tabla 21 y 22 se pudo observar los resultados de la curva de compactación con el suelo de la cantera de la molina y el 12.5% de residuo de cerámica roja teniendo una

energía de 27.4 kg-cm/cm³, en lo cual consistió en realizar 5 capas con unos 25 golpes por capa en cada compactación teniendo una altura de caída del pisón de 45.7 cm, teniendo un peso del pisón de 4.5 kg y el volumen del molde de 950g/cm³, como resultado una relación de contenido de humedad y la densidad de suelo seco obteniendo un máximo contenido de humedad de 12.8% y máxima densidad seca de 1.810 g/cm³, en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1557 y MTC E 115. En lo cual basándonos en la norma AASHTO T-180 la compactación debe ser de un 95% como mínimo llegando a realizarse la compactación de esa manera cumpliendo con dicha norma, en lo cual según SUCS para el suelo de características de arena limosa debe tener un contenido de humedad de hasta un 15% llegando a aproximarse con el resultado obtenido de 12.8%, en lo que respecta a la densidad seca para el suelo SM (suelo limoso) debe tener valores de 1.7-2.0 g/cm³, llegando a cumplir en ese aspecto con un 1.810 g/cm³..

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO 75% SUELO + 25% RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

Al emplear el residuo más el suelo en el Próctor modificado se llegó a emplear porcentajes de mezcla de suelo 75% + 25% de residuo de cerámica roja utilizando más material de residuo en lo cual llego a obtenerse los siguientes resultados.

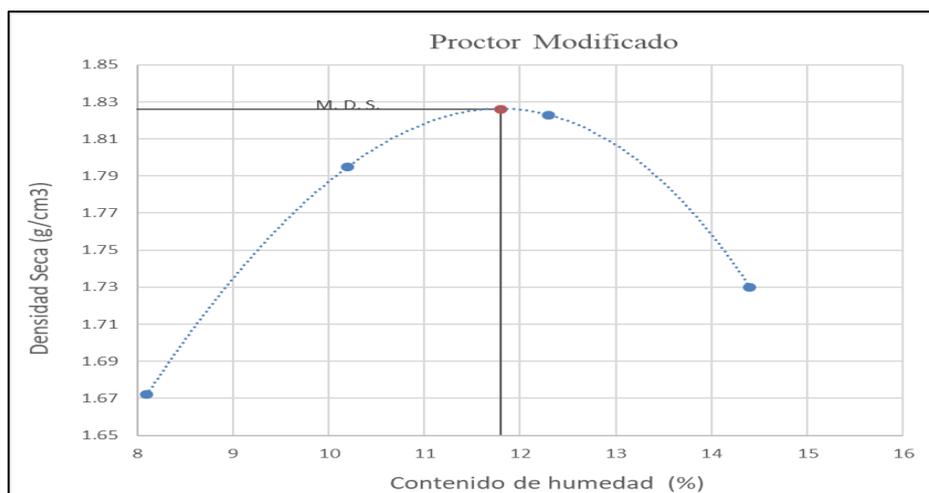


Figura 44. Ensayo Próctor Modificado 75% Suelo + 25% R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 44 se pudo conocer de qué forma fue la curva de compactación, de igual forma el mayor porcentaje de humedad y de densidad seca, lo cual se obtuvo para los cuatro puntos de la curva que fue para el promedio de humedad: 8.1%, 10.2%, 12.3% y 14.4% con lo que respecto a la densidad del suelo seco: 1.672gr/cm³, 1.795gr/cm³, 1.823gr/cm³ y 1.730 gr/cm³.

Tabla 23. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Humedad (%)	8.10	10.20	12.30	14.40
Densidad Seca (g/cm ³)	1.672	1.795	1.823	1.730

M. D. S. = 1.826 Kg/cm³ O. C. H. = 11.8 %

Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{1717 \text{ gr}}{950 \text{ cm}^3} = 1.807 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad se sacaron por cada molde dos muestras y luego obtener el promedio:

$$\text{Contenido de Humed. 1} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{27 \text{ gr}}{333.9 \text{ gr}} \times 100 = 8.1\% = 0.081$$

$$\text{Contenido de Humed. 2} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{29.4 \text{ gr}}{365.9 \text{ gr}} \times 100 = 8\% = 0.080$$

$$\frac{\text{Contenido de Humedad 1} + \text{Contenido de Humedad 2}}{2} = \frac{\%8.1 + 8.0\%}{2} = 8.10\%$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{1.807 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{8.1}{100}} \\ &= 1.672 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabla 24. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Numero de Ensayo		1		2		3		4	
Peso Suelo Humedo+Mokle	gr	3542		3704		3770		3705	
Peso del Molde	gr	1825		1825		1825		1825	
Peso Suelo Humedo	gr	1717		1879		1945		1880	
Volumen del Molde	cm ³	950		950		950		950	
Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.807		1.978		2.047		1.979	
Tarro N°		302	27	207	587	427	313	466	423
Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	494.1	526.4	661.2	579.1	432.7	665.2	641.6	499.2
Peso Suelo Seco + Tarro	gr	467.1	497	613	536.2	393.5	603.1	571.8	446.6
Peso del Tarro	gr	133.2	131.1	139.5	113.3	68.1	107.8	80.3	83.1
Peso del Agua	gr	27	29.4	48.2	42.9	39.2	62.1	69.8	52.6
Peso Suelo Seco	gr	333.9	365.9	473.5	422.9	325.4	495.3	491.5	363.5
Contenido de Humedad	%	8.1	8	10.2	10.1	12	12.5	14.2	14.5
Promedio de Humedad	%	8.1		10.2		12.3		14.4	
Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.672		1.795		1.823		1.730	

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la tabla 23 y 24 se conoció el procedimiento para la obtención de los datos finales, teniendo en cuenta el peso de los materiales tanto seco como húmedo, el peso del tarro y del molde de esa manera obtener la compactación de golpe con el pisón.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 44 y la tabla 23 y 24 se pudo observar los resultados de la curva de compactación de suelo y el 25% de residuo de cerámica roja teniendo una energía de 27.4 kg-cm/cm³, en lo cual consistió en realizar 5 capas con unos 25 golpes por capa en cada compactación teniendo una altura de caída del pisón de 45.7 cm, teniendo un peso del pisón de 4.5 kg y el volumen del molde de 950 g/cm³, como resultado una relación de contenido de humedad y la densidad de suelo seco obteniendo un óptimo contenido de humedad de 11.8% y máxima densidad seca de 1.826 g/cm³, en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1557 y MTC E 115. En lo cual basándonos en la norma AASHTO T-180 la compactación debe ser de un 95% como mínimo llegando a realizarse la compactación de esa manera cumpliendo con dicha norma, en lo cual según SUCS para el suelo de características de arena limosa debe tener un contenido de humedad de hasta un 15% llegando a aproximarse con el resultado obtenido de 11.8%, en lo que respecta a la densidad seca para el suelo SM (suelo limoso) debe tener valores de 1.7-2.0 g/cm³, llegando a cumplir en ese aspecto con un 1.826 g/cm³.

ENSAYO PRÓCTOR MODIFICADO 50% SUELO + 50% RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

Para la última dosificación en el Próctor modificado se llegó a emplear porcentajes de mezcla de suelo 50% + 50% de residuo de cerámica roja utilizando más material de residuo en lo cual llego a obtenerse los siguientes resultados.

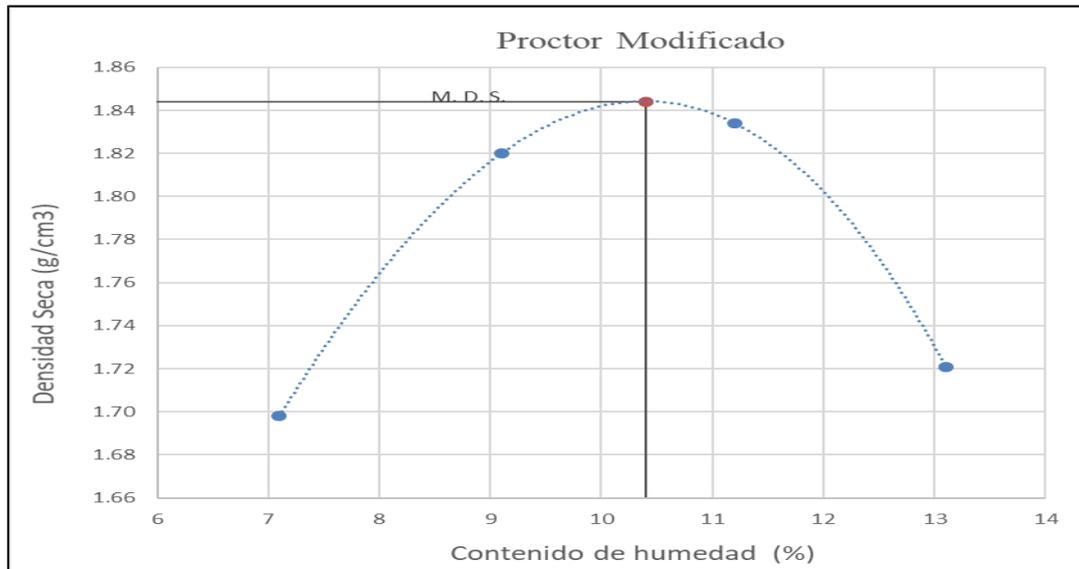


Figura 45. Ensayo Próctor Modificado 50% Suelo + 50% R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 45 se pudo conocer de qué forma fue la curva de compactación, de igual forma el mayor porcentaje de humedad y de densidad seca, lo cual se obtuvo para los cuatro puntos de la curva que fue para el promedio de humedad: 7.1%, 9.1%, 11.2% y 13.1% con lo que respecto a la densidad del suelo seco: 1.698gr/cm³, 1.820gr/cm³, 1.834gr/cm³ y 1.721gr/cm³.

Tabla 25. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Humedad (%)	7.10	9.10	11.20	13.10
Densidad Seca (g/cm ³)	1.698	1.820	1.834	1.721

M. D. S. = 1.844 Kg/cm³ O. C. H. = 10.4 %

Fuente: Elaboración Propia.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{1728 \text{ gr}}{950 \text{ cm}^3} = 1.819 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad se sacaron por cada molde dos muestras y luego obtener el promedio:

$$\text{Contenido de Humedad1} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{31.5 \text{ gr}}{455.5 \text{ gr}} = 0.069 = 6.9\%$$

$$\text{Contenido de Humedad2} = \frac{\text{Peso del Agua}}{\text{Peso del Suelo Seco}} \times 100 = \frac{30.1 \text{ gr}}{417.5 \text{ gr}} = 0.072 = 7.2\%$$

$$\frac{\text{Contenido de Humedad 1} + \text{Contenido de Humedad 2}}{2} = \frac{6.9\% + 7.2\%}{2} = 7.1\%$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{1.819 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{7.1}{100}} \\ &= 1.698 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Tabla 26. Resultados del ensayo Próctor Modificado

Numero de Ensayo		1		2		3		4	
Peso Suelo Humedo+Molde	gr	3553		3712		3762		3674	
Peso del Molde	gr	1825		1825		1825		1825	
Peso Suelo Humedo	gr	1728		1887		1937		1849	
Volumen del Molde	cm ³	950		950		950		950	
Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.819		1.986		2.039		1.946	
Tarro N°		554	342	195	341	180	489	229	166
Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	554.6	519.1	484.3	607.6	608.6	428.9	538.6	553.3
Peso Suelo Seco + Tarro	gr	523.1	489	451.4	564.6	555.5	392.5	489.9	496.7
Peso del Tarro	gr	67.6	71.5	99.4	82.8	81.8	63.2	114.4	68.6
Peso del Agua	gr	31.5	30.1	32.9	43	53	36.4	48.7	56.6
Peso Suelo Seco	gr	455.5	417.5	352	481.8	473.8	329.3	375.5	428.1
Contenido de Humedad	%	6.9	7.2	9.3	8.9	11.2	11.1	13	13.2
Promedio de Humedad	%	7.1		9.1		11.2		13.1	
Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.698		1.820		1.834		1.721	

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la tabla 25 y 26 se conoció el procedimiento para la obtención de los datos finales, teniendo en cuenta el peso de los materiales tanto seco como húmedo, el peso del tarro y del molde de esa manera obtener la compactación de golpe con el pisón.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 45 y la tabla 25 y 26 se pudo observar los resultados de la curva de compactación con el 50% suelo y 50% residuo de cerámica roja teniendo una energía de 27.4 kg-cm/cm³, en lo cual consistió en realizar 5 capas con unos 25 golpes por capa en cada compactación teniendo una altura de caída del pisón de 45.7 cm, teniendo un peso del pisón de 4.5 kg y el volumen del molde de 950 g/cm³, como resultado una relación de contenido de humedad y la densidad de suelo seco obteniendo un óptimo contenido de humedad de 10.4% y máxima densidad seca de 1.844 g/cm³, en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1557 y MTC E 115. En lo cual basándonos en la norma AASHTO T-180 la compactación debe ser de un 95% como mínimo llegando a realizarse la compactación de esa manera cumpliendo con dicha norma, en lo cual según SUCS para el suelo de características de arena limosa debe tener un contenido de humedad de hasta un 15% llegando a aproximarse con el resultado obtenido de 10.4% la disminución se prologaba al incorporar el residuo, en lo que respecta a la densidad seca para el suelo SM (suelo limoso) debe tener valores de 1.7-2.0 g/cm³, llegando a cumplir en ese aspecto con un 1.844 g/cm³, llegando a aumentar la densidad seca al incorporar el residuo de cerámica roja.

3.3.2 Capacidad de soporte que produce la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Con lo que respecta a la capacidad de soporte fue en base al ensayo de California Bearing Ratio, por lo cual luego de realizarse el ensayo de compactación se procedió al CBR, que llegó a emplearse con los equipos de laboratorio como una balanza, Horno Eléctrico y una prensa digital de CBR marca de Tamiequipos (Colombia) empleando un área de pistón de 3 pulg² o 19.35 cm².

CBR - 100% SUELO

Para el primer ensayo de CBR que se empleo fue de solo suelo, como este tenía el suelo una clasificación de arena limosa, se requirió ver como actuó el suelo y compararlo luego cuando es mezclado con el residuo de cerámica roja.

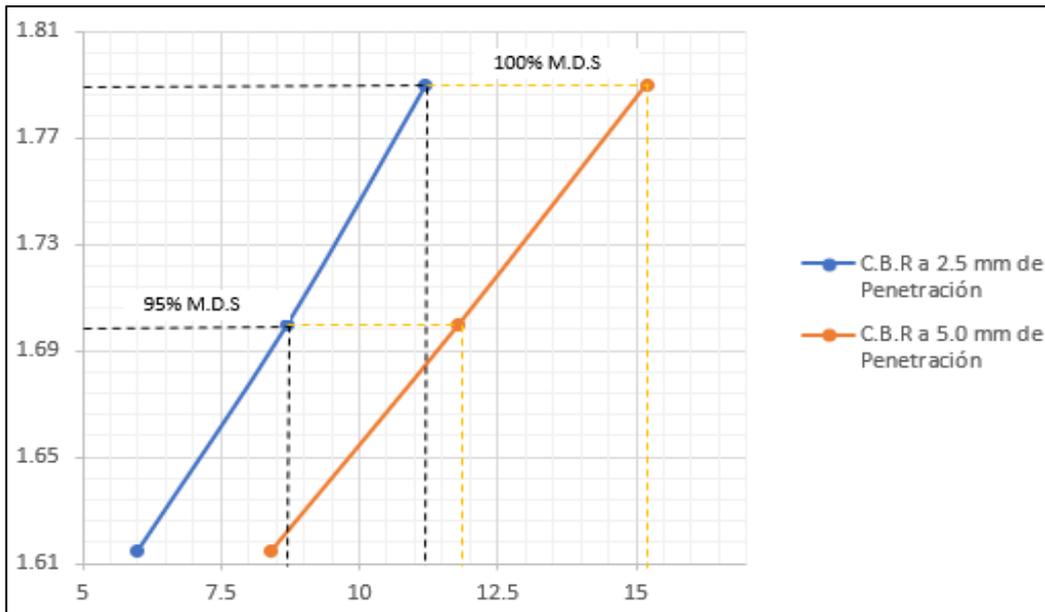


Figura 46. Resumen de resultados de ensayos

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 46 se pudo observar la relación de los puntos que corresponden a la relación de CBR a 2.5 mm de penetración en un 100% obteniendo un 11.2% y CBR al 95% con 8.7% respecto a su máxima densidad seca, de igual forma el CBR a 5.0 mm de penetración con un CBR al 100% con 15.2% y CBR al 95% con 11.8%.

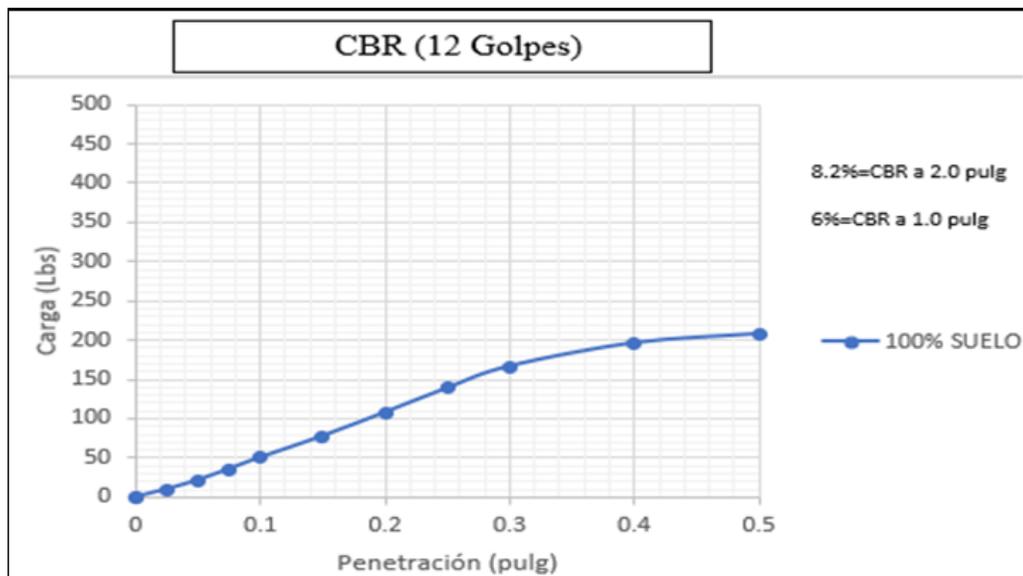


Figura 47. CBR 100% Suelo (12 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

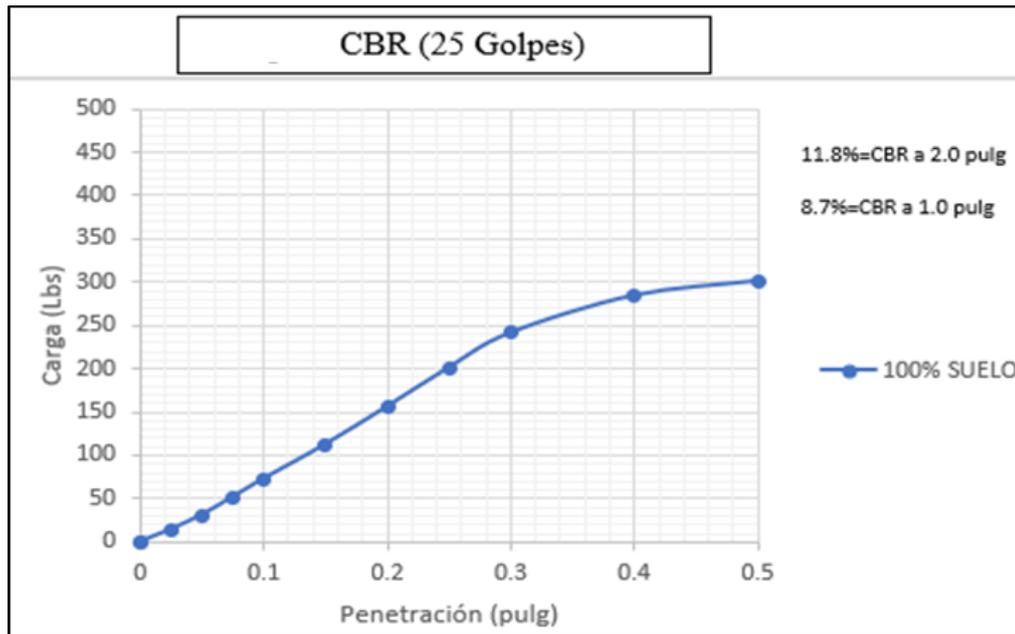


Figura 48. CBR 100% Suelo (25 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

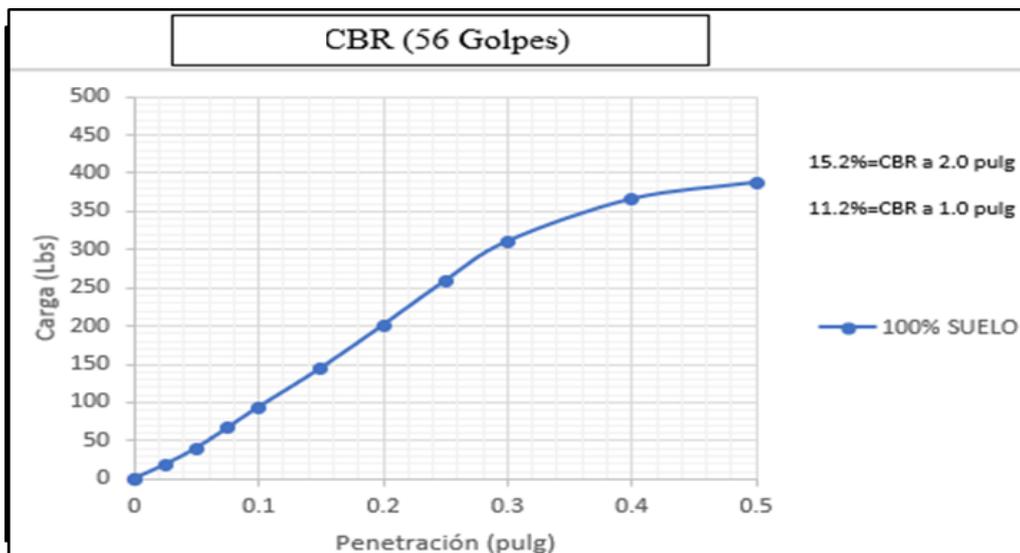


Figura 49. CBR 100% Suelo (56 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en las figuras 47, 48 y 49 se puede observar los gráficos que corresponden a 12,25 y 56 golpes, en lo cual los gráficos estuvieron en relación a la penetración (pulg) y la carga (lb/pulg), considerando que la expansión se le realizó en 00:00 hr, 24:00 hr, 48:00 hr, 72:00 hr y 96:00 hr, con empleo de CBR a 2" y CBR a 1".

Tabla 27. Resultados del Ensayo de CBR 100% Suelo

Compactación de especímenes						
Nº Golpes por Capa	12 (5 Capas)		25 (5 Capas)		56 (5 Capas)	
Molde Nº	M-28		M-45		M-40	
Condición de la Muestra	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada
Peso Molde + Suelo Humedo (gr)	10903	11078	11114	11254	11303	11402
Peso del Molde (gr)	7035.8	7035.8	7035.1	7035.1	7025	7025
Peso del Suelo Humedo (gr)	3867.2	4042.2	4078.9	4218.9	4278	4377
Volumen del Molde (cm ³)	2105.7	2105.7	2109.2	2109.2	2104	2104
Densidad Humeda (gr/cm ³)	1.837	1.920	1.934	2	2.033	2.08
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.617	1.617	1.703	1.703	1.791	1.791
Tarro Nº	346	295	99	48	346	295
Tarro + Suelo Humedo	529	440	464.2	452.5	529	440.9
Tarro + Suelo Seco	478.7	388.4	419	397.8	478.7	388.4
Peso del Tarro (gr)	106.8	64	85.1	83.6	106.8	64
Contenido de Humedad (%)	13.5	16.2	13.5	17.4	13.5	16.2

Fuente: Elaboración Propia.

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SECO)

Para poder llegar a obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes en el 100% suelo.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4278 \text{ gr}}{2104 \text{ cm}^3} = 2.033 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecta al contenido de humedad el de 56 golpes para el 100% suelo dio:

Con un peso de agua de: 50.21 gr

Contenido de Humedad

$$= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100$$

$$= \frac{50.21 \text{ gr}}{(478.7 - 106.8) \text{ gr}} = 0.135 = 13.5\%$$

Obteniendo la densidad del suelo seco para el gráfico de compactación:

$$\text{Densidad del Suelo Seco} = \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.033 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{13.5}{100}}$$

$$= 1.791 \text{ gr/cm}^3$$

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SATURADO)

Para poder llegar obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes en el 100% suelo.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4377 \text{ gr}}{2104 \text{ cm}^3} = 2.080 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad el de 56 golpes para el 100% suelo dio:

Con un peso de agua de: 52.55 gr

Contenido de Humedad

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100 \\ &= \frac{52.55 \text{ gr}}{(388.4 - 64) \text{ gr}} = 0.162 = 16.2 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.088 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{16.2}{100}} \\ &= 1.791 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Para poder obtener los datos finales en relación de la penetración con la carga se obtuvo en base a los minutos que iba dando los datos en el dial y la carga de la penetración en base a la manivela que daba en la máquina de CBR.

Tabla 28. *Tiempo en relación a la penetración.*

Penetración (pulg)										
0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.400	0.500
Tiempo por penetración										
0 seg.	30 seg.	1 min.	1.5 min.	2 min.	3 min.	4 min.	5 min.	6 min.	8 min.	10 min.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 29. Resultados del Ensayo de CBR 100% Suelo

Penetración (pulg)	12 (5 capas)		25 (5 capas)		56 (5 capas)	
	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	29.8	9.9	43.3	14.4	55.7	18.6
0.050	64	21.3	92.8	30.9	119.5	39.8
0.075	106.7	35.6	154.7	51.6	199.1	66.4
0.100	150.2	50.1	217.8	72.6	280.4	93.5
0.150	232.2	77.4	336.8	112.3	433.5	144.5
0.200	322.5	107.5	467.6	155.9	602	200.7
0.250	415.9	138.6	603.1	201	776.4	258.8
0.300	499.1	166.4	723.7	241.2	931.6	310.5
0.400	588.2	196.1	852.9	284.3	1098	366
0.500	623	207.7	903.3	301.1	1162.9	387.6

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a las tablas 27, 28 y 29 se pudo conocer cómo se llegó a los resultados finales considerando que para, 12, 25 y 56 golpes estuvo dividido el material en saturado y no saturado en lo cual se tuvo que tener datos como el peso y volumen del molde, el suelo húmedo, la densidad húmeda y seca el peso del tarro y el contenido de humedad, en la tabla 18 se puede observar cómo salió el gráfico final de CBR al conocer la penetración (pulg), Lec. Dial (lb) y la Carga (lb/pulg²).

INTERPRETACIÓN:

En la figura 46, 47, 48 y 49 y las tablas 27, 28 y 29 se pudo observar los resultados que llegaron a corresponder al CBR, en lo cual se pudo ver que para el de 56 golpes se obtuvo un resultado de CBR a 2" de 15.2% y CBR a 1" de 11.2%, respecto a 25 golpes los resultados fueron menores dando para el CBR a 2" de 11.8% y CBR a 1" de 8.7% y finalmente para el de 12 golpes dando en el CBR a 2" de 8.2% y CBR a 1" de 6%, estos resultados dieron a entender que mientras más compactado se encuentre el suelo el CBR saldrá con un mayor porcentaje en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1883 y MTC E 132. En lo cual respecto a la norma NTP 339.145 en el Ce 010 Pavimento Urbanos en el CBR para subbase debe ser de 30-40% como mínimo, no llegando a cumplir con ese rango el suelo natural ya que obtuvo un 15.2% y en lo que respecta al Método AASHTO para el rango de 7%-20% se puede emplear en la subbase como una clasificación regular, con ese rango que obtuvo el suelo arena limoso extraído de la cantera de La Molina..

CBR – 87.5 % SUELO + 12.5% R.C.R

En lo que respecta al segundo ensayo de CBR se empleó una mezcla de suelo más el residuo de cerámica roja, en lo cual consistió en ver la reacción del CBR si el material adicional iba a favor o en contra del suelo, considerando que el residuo de cerámica roja a añadirse según su clasificación fue de arena bien graduada con limo y el suelo de clasificación arena limosa.

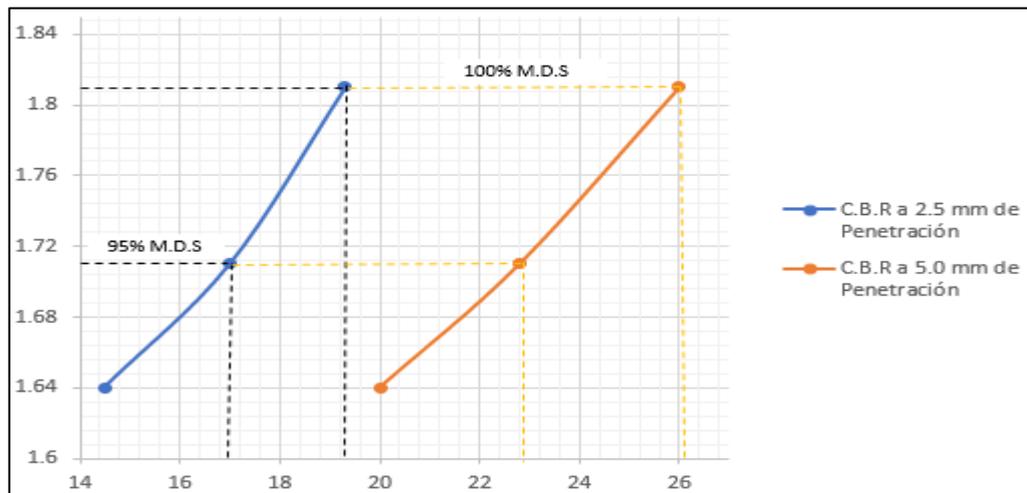


Figura 50. Resumen de resultados de ensayos CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 50 se pudo observar la relación los puntos que corresponden a la relación de CBR a 2.5 mm de penetración en un 100% 19.3% y CBR al 95% con 17% respecto a su máxima densidad seca, de igual forma el CBR a 5.0 mm de penetración con un CBR al 100% con 26% y CBR al 95% con 22.8%.

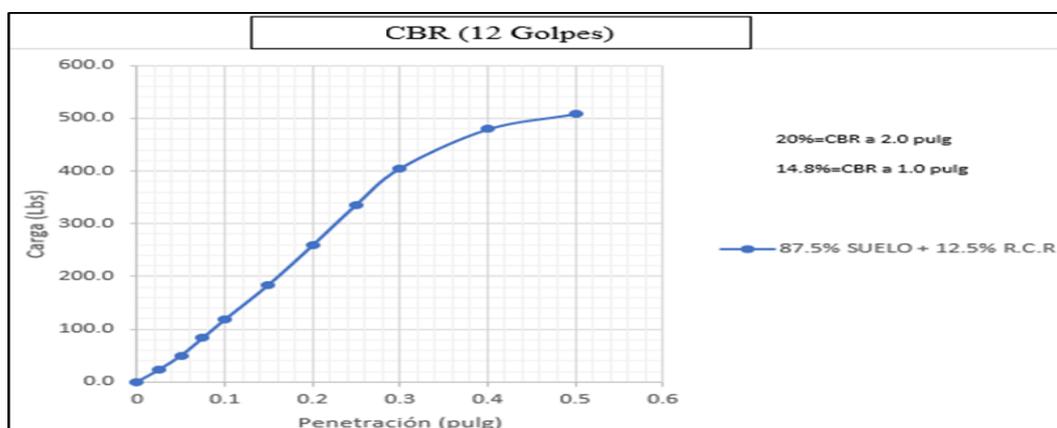


Figura 51. CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R (12 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

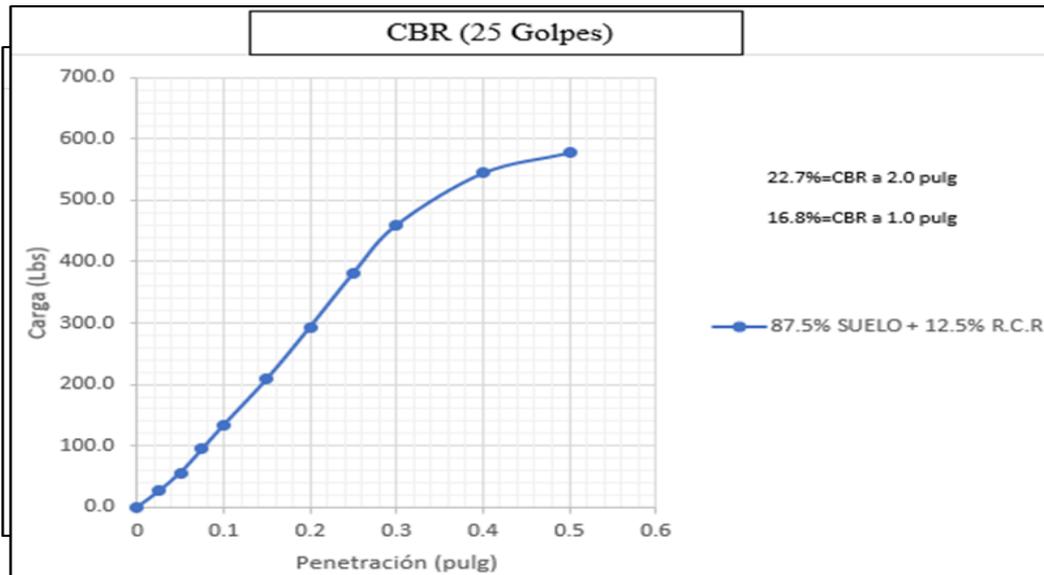


Figura 52. CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R (25 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

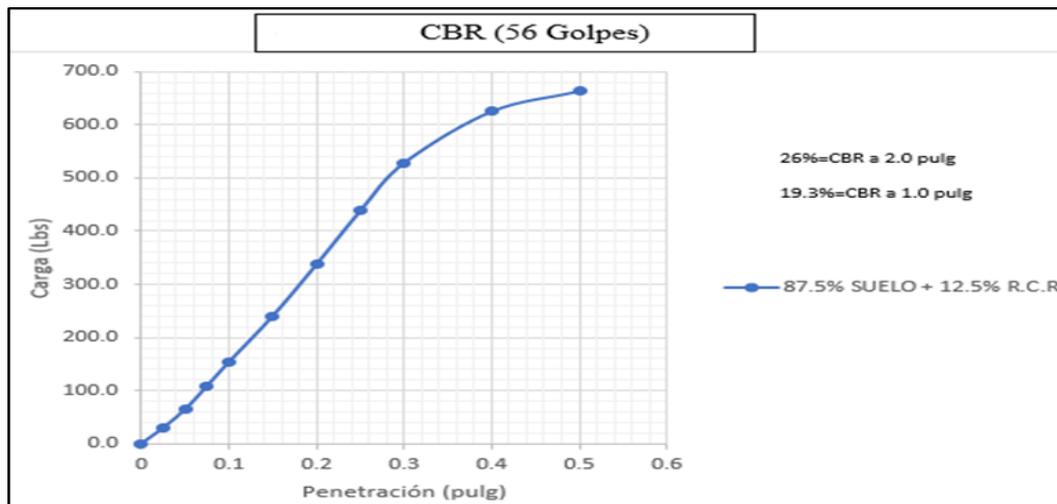


Figura 53. CBR 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R (56 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en las figuras 51, 52 y 53 se puede observar los gráficos que corresponden a 12,25 y 56 golpes que respecta a cada uno con 5 capas, en lo cual los gráficos estuvieron en relación a la penetración (pulg) y la carga (lb/pulg), considerando que la expansión se le realizo en 00:00 hr, 24:00 hr, 48:00 hr, 72:00 hr y 96:00 hr, con empleo de CBR a 2” y CBR a 1”.

Tabla 30. Resultados del Ensayo de 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R

Compactación de especímenes						
Nº Golpes por capa	56 (5 Capas)		25 (5 capas)		12 (5 capas)	
Molde Nº	M-53		M-8		M-53	
Condición de la Muestra	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada
Peso Molde + Suelo Humedo (gr)	11318	11405	10899	11042	10916	11128
Peso del Molde (gr)	7036.9	7036.9	6974	6974	7036.9	7036.9
Peso del Suelo Humedo (gr)	4281.1	4368.1	3925	4068	3879.1	4091.1
Volumen del Molde (cm ³)	2099.6	2099.6	2032	2032	2099.6	2099.6
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.039	2.080	1.932	2.002	1.848	1.949
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.81	1.81	1.714	1.714	1.642	1.642
Tarro Nº	113	78	64	440	543	211
Tarro + Suelo Humedo	467.3	387.8	517	510	437.1	464.4
Tarro + Suelo Seco	426.3	345.1	470.2	447.2	396.8	402.6
Peso del Tarro (gr)	102.5	59.2	101.4	73.4	75.6	72.3
Contenido de Humedad (%)	12.7	14.9	12.7	16.8	12.5	18.7

Fuente: Elaboración Propia.

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SECO)

Para poder llegar a obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes en el 87.5% suelo+12.5% r.c.r.

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Humedo} &= \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4281.1 \text{ gr}}{2099.6 \text{ cm}^3} \\ &= 2.039 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

En lo que respecta al contenido de humedad el de 56 golpes para el 87.5% suelo+12.5% r.c.r, dio:

Con un peso de agua de: 50.21 gr

Contenido de Humedad

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro + Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100 \\ &= \frac{41.13 \text{ gr}}{(426.3 - 102.5) \text{ gr}} = 0.127 = 12.7\% \end{aligned}$$

$$\text{Densidad del Suelo Seco} = \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.039 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{12.7}{100}} = 1.810 \text{ gr/cm}^3$$

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SATURADO)

Para poder llegar obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes en el 12.5 r.c.r.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4368.1 \text{ gr}}{2099.6 \text{ cm}^3} = 2.080 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad el de 56 golpes para el 12.5 r.c.r dio:

Con un peso de agua de: 42.58 gr.

Contenido de Humedad

$$= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100 = \frac{42.58 \text{ gr}}{(345.1 - 59.2) \text{ gr}} = 0.149 = 14.9\%$$

$$\text{Densidad del Suelo Seco} = \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.080 \frac{\text{gr}}{\text{cm}^3}}{1 + \frac{14.9}{100}} = 1.810 \text{ gr/cm}^3$$

Para poder obtener los datos finales en relación de la penetración con la carga se obtuvo en base a los minutos que iba dando los datos en el dial y la carga de la penetración en base a la manivela que daba en la máquina de CBR.

Tabla 31. *Tiempo en relación a la penetración.*

Penetración (pulg)										
0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.400	0.500
Tiempo por penetración										
0 seg.	30 seg.	1 min.	1.5 min.	2 min.	3 min.	4 min.	5 min.	6 min.	8 min.	10 min.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 32. Resultados del Ensayo de 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R

Penetración (pulg)	12 (5 capas)		25 (5 capas)		56 (5 capas)	
	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	69	23	78.3	26.1	90	30
0.050	148.7	49.6	168.8	56.3	193.9	64.6
0.075	250.1	83.4	283.9	94.6	326.1	108.7
0.100	353.7	117.9	401.5	133.8	461.2	153.7
0.150	552.6	184.2	627.3	209.1	720.6	240.2
0.200	776.1	258.7	881	293.7	1012.1	337.4
0.250	1007.6	335.9	1143.8	381.3	1314	438
0.300	1214.9	405	1379	459.7	1584.3	528.1
0.400	1437.6	479.2	1631.8	543.9	1874.7	624.9
0.500	1524.7	508.2	1730.8	576.9	1988.3	662.8

Fuente: Elaboración Propia.

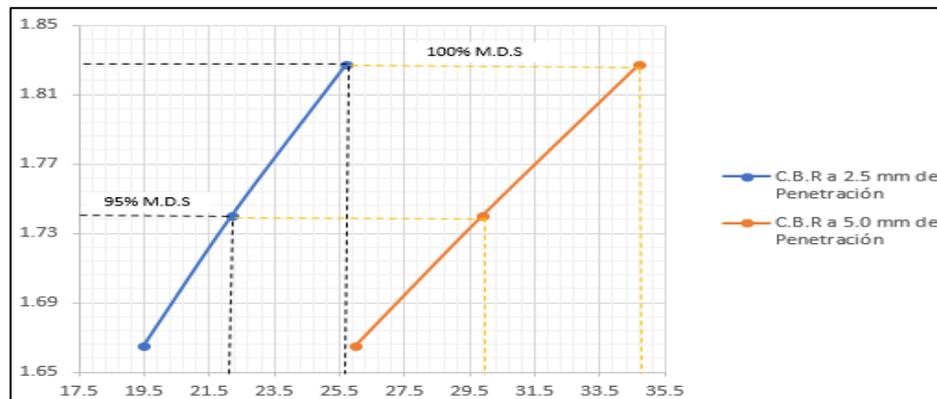
Respecto a la tabla 30 se pudo conocer cómo se llegó a los resultados finales considerando que para, 12, 25 y 56 golpes estuvo dividido el material en saturado y no saturado en lo cual se tuvo que tener datos como el peso y volumen del molde, el suelo húmedo, la densidad húmeda y seca el peso del tarro y el contenido de humedad, en la tabla 31 y 32 se puede observar cómo salió el gráfico final de CBR al conocer la penetración (pulg), Lec. Dial (lb) y la Carga (lb/pulg²).

INTERPRETACIÓN:

En la figura 50, 51, 52 y 53 y las tablas 30, 31 y 32 se pudo observar los resultados que llegaron a corresponder al CBR, en lo cual se pudo ver que para el de 56 golpes se obtuvo un resultado de CBR a 2" de 26% y CBR a 1" de 19.3%, respecto a 25 golpes los resultados fueron menores dando para el CBR a 2" de 22.7% y CBR a 1" de 16.8% y finalmente para el de 12 golpes dando un CBR a 2" de 20% y CBR a 1" de 14.8%, estos resultados dieron a entender que mientras más compactado se encuentre el suelo el CBR saldrá con un mayor porcentaje en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1883. En lo cual respecto a la norma NTP 339.145 en el Ce 010 Pavimento Urbanos en el CBR para subbase debe ser de 30-40% como mínimo, no llegando a cumplir con ese rango el suelo natural ya que obtuvo un 26% y en lo que respecta al Método AASHTO para el rango de 20%-50% se puede emplear en la subbase como una clasificación buena, con ese rango que obtuvo el suelo más el 12.5% del residuo de cerámica roja, llegando a aumentar su CBR.

CBR – 75% SUELO + 25% R.C.R

Respecto al tercer ensayo de CBR consistió en emplear los porcentajes de 75% suelo + 25% R.C.R obteniendo los siguientes resultados y gráficos.



CBR	0.1" Penetración	0.2" Penetración
100%	25.7	34.7
95%	22.2	29.9

Figura 54. Resumen de resultados de ensayos

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 54 se puede visualizar la relación de los puntos que corresponden a la relación de CBR a 2.5 mm de penetración en un 100% obteniendo 25.7% y CBR al 95% con 22.2% respecto a su máxima densidad seca, de igual forma el CBR a 5.0 mm de penetración con un CBR al 100% con 34.7% y CBR al 95% con 29.9%.

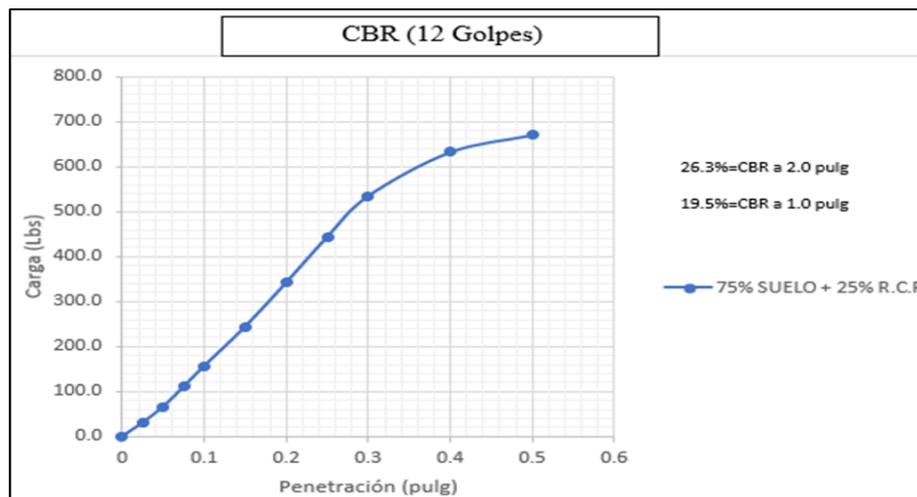


Figura 55. CBR 75% suelo + 25% R.C.R (12 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

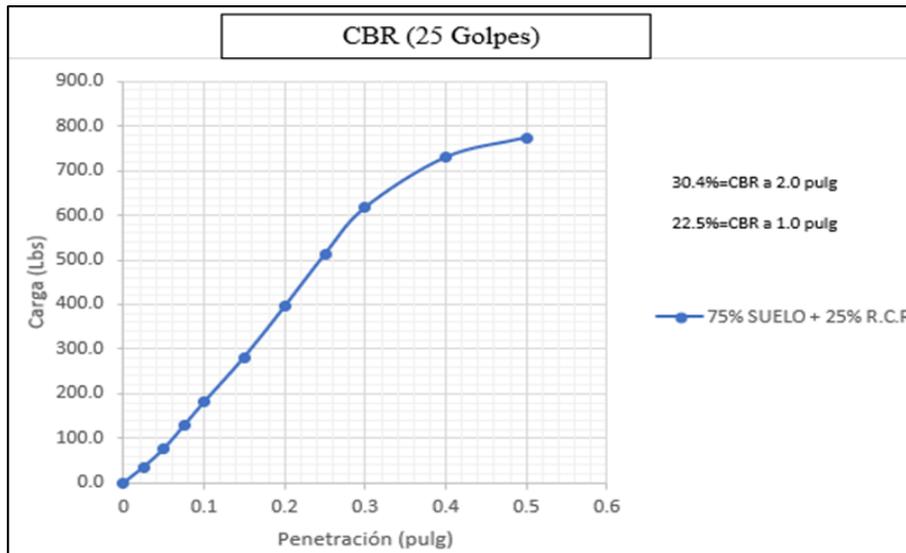


Figura 56. CBR 75 %suelo + 25 % R.C.R (25 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

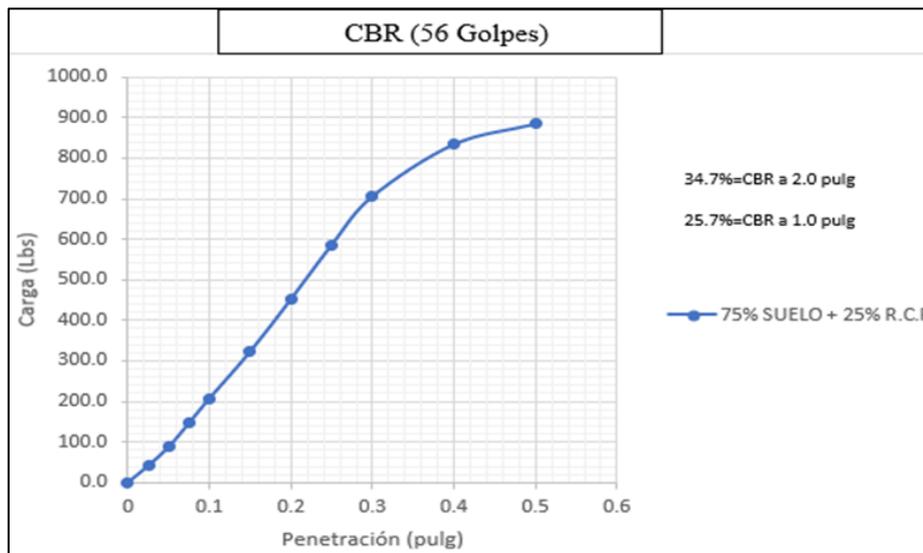


Figura 57. CBR 75 %suelo + 25 % R.C.R (56 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en las figuras 55, 56 y 57 se puede observar los gráficos que corresponden a 12,25 y 56 golpes que respecta a cada uno con 5 capas, en lo cual los gráficos estuvieron en relación a la penetración (pulg) y la carga (lb/pulg), considerando que la expansión se le realizo en 00:00 hr, 24:00 hr, 48:00 hr, 72:00 hr y 96:00 hr, con empleo de CBR a 2” y CBR a 1”.

Tabla 33. Resultados del Ensayo de CBR 75 %suelo + 25 % R.C.R

Compactación de especímenes						
Nº Golpes por capa	56 (5 Capas)		25 (5 capas)		12 (5 capas)	
Molde Nº	M-53		M-8		M-53	
Condición de la Muestra	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada
Peso Molde + Suelo Humedo (gr)	11343	11428	11108	11242	10961	11145
Peso del Molde (gr)	7032	7032	7043	7043	7030	7030
Peso del Suelo Humedo (gr)	4311	4396	4065	4199	3931	4115
Volumen del Molde (cm ³)	2109	2109	2084	2084	2106.4	2106.4
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.044	2.084	1.951	2.015	1.866	1.954
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.826	1.826	1.742	1.742	1.667	1.667
Tarro Nº	88	99	242	157	526	84
Tarro + Suelo Humedo	588.7	465.7	485.1	460.2	467.3	576.1
Tarro + Suelo Seco	539.7	418.1	440.8	417.3	428.1	511.9
Peso del Tarro (gr)	129	85.1	70.9	143.7	100.2	138.1
Contenido de Humedad (%)	11.9	14.2	12	15.7	11.9	17.2

Fuente: Elaboración Propia.

COMPACTACIÓN DE ESPECÍMENES (SECO)

Para llegar a obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes con 25% de r.c.r

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4311 \text{ gr}}{2109 \text{ cm}^3} = 2.044 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecta al contenido de humedad el de 56 golpes para el 25% de r.c.r dio:

Con un peso de agua de: 48.87 gr

Contenido de Humedad

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100 \\ &= \frac{48.87 \text{ gr}}{(539.7 - 129) \text{ gr}} = 0.119 = 11.9\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.044 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{11.9}{100}} \\ &= 1.826 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SATURADO)

Para poder llegar obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes con el 25% r.c.r.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4396 \text{ gr}}{2109 \text{ cm}^3} = 2.084 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad el de 56 golpes para el 25% r.c.r dio:

Con un peso de agua de: 47.29 gr

Contenido de Humedad

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100 \\ &= \frac{47.29 \text{ gr}}{(418.1 - 85.1) \text{ gr}} = 0.142 = 14.2 \% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.084 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{14.2}{100}} \\ &= 1.826 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

Para poder obtener los datos finales en relación de la penetración con la carga se obtuvo en base a los minutos que iba dando los datos en el dial y la carga de la penetración en base a la manivela que daba en la máquina de CBR.

Tabla 34. *Tiempo en relación a la penetración.*

Penetración (pulg)										
0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.400	0.500
Tiempo por penetración										
0 seg.	30 seg.	1 min.	1.5 min.	2 min.	3 min.	4 min.	5 min.	6 min.	8 min.	10 min.

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 35. Resultados del Ensayo de CBR 75 %suelo +25 % R.C.R

Penetra. (pulg)	12 (5 capas)		25 (5 capas)		56 (5 capas)	
	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	92.1	30.7	106.3	35.4	121.4	40.5
0.05	198.3	66.1	228.9	76.3	261.4	87.1
0.075	332.9	111	384.2	128.1	438.8	146.3
0.1	470.4	156.8	542.8	180.9	620	206.7
0.15	733.4	244.5	846.2	282.1	966.6	322.2
0.2	1027.6	342.5	1185.7	395.2	1354.4	451.5
0.25	1332.4	444.1	1537.4	512.5	1756	585.3
0.3	1604.9	535	1851.8	617.3	2115.2	705.1
0.4	1897.6	632.5	2189.5	729.8	2500.9	833.6
0.5	2012	670.7	2321.6	773.9	2651.8	883.9

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la tabla 33 se pudo conocer cómo se llegó a los resultados finales considerando que para, 12, 25 y 56 golpes estuvo dividido el material en saturado y no saturado en lo cual se tuvo que tener datos como el peso y volumen del molde, el suelo húmedo, la densidad húmeda y seca el peso del tarro y el contenido de humedad, en la tabla 34 y 35 se puede observar cómo salió el gráfico final de CBR al conocer la penetración (pulg), Lec. Dial (lb) y la Carga (lb/pulg²).

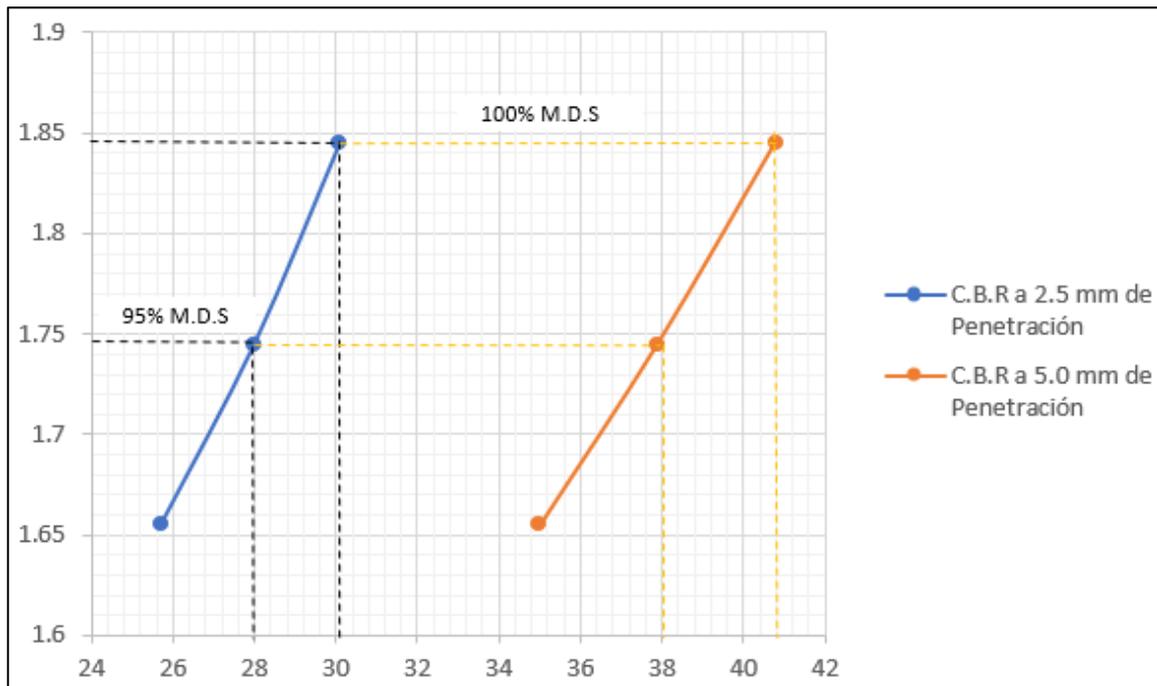
INTERPRETACIÓN:

En la figura 54, 55, 56 y 57 y las tablas 33, 34 y 35 se pudo observar los resultados que llegaron a corresponder al CBR, en lo cual se pudo ver que para el de 56 golpes se obtuvo un resultado de CBR a 2" de 34.7% y CBR a 1" de 25.7%, respecto a 25 golpes los resultados fueron menores dando para el CBR a 2" de 30.4% y CBR a 1" de 22.5% y finalmente para el de 12 golpes dando en el CBR a 2" de 26.3% y CBR a 1" de 19.5%, estos resultados dieron a entender que mientras más compactado se encuentre el suelo el CBR saldrá con un mayor porcentaje en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1883 y MTC E 132. En lo cual respecto a la norma NTP 339.145 en el Ce 010 Pavimento Urbanos en el CBR para subbase debe ser de 30-40% como mínimo, llegando a cumplir con ese rango el suelo natural ya que obtuvo un 34.7% y en lo que respecta al Método AASHTO para el rango de 20%-50% se puede emplear en la subbase como una clasificación buena,

con ese rango que obtuvo el suelo de la cantera de la Molina con el 25% de residuo de cerámica roja.

CBR - 50% SUELO + 50% R.C.R

Para el último ensayo de CBR consistió en emplear los porcentajes de 50% Suelo + 50% R.C.R en lo cual se tuvo la mayor dosificación del residuo de cerámica roja a comparación a los otros ensayos anteriormente mencionados obteniendo los siguientes resultados y gráficos.



CBR	0.1" Penetración	0.2" Penetración
100%	30.1	40.8
95%	28	37.9

Figura 58. Resumen de resultados de ensayos

Fuente: Elaboración Propia.

Como se observa en la figura 58 se pudo visualizar la relación de los puntos que corresponden a la relación de CBR a 2.5 mm de penetración en un 100% obteniendo 30.1% y CBR al 95% con 28% respecto a su máxima densidad seca, de igual forma el CBR a 5.0 mm de penetración con un CBR al 100% con 40.8% y CBR al 95% con 37.9%.

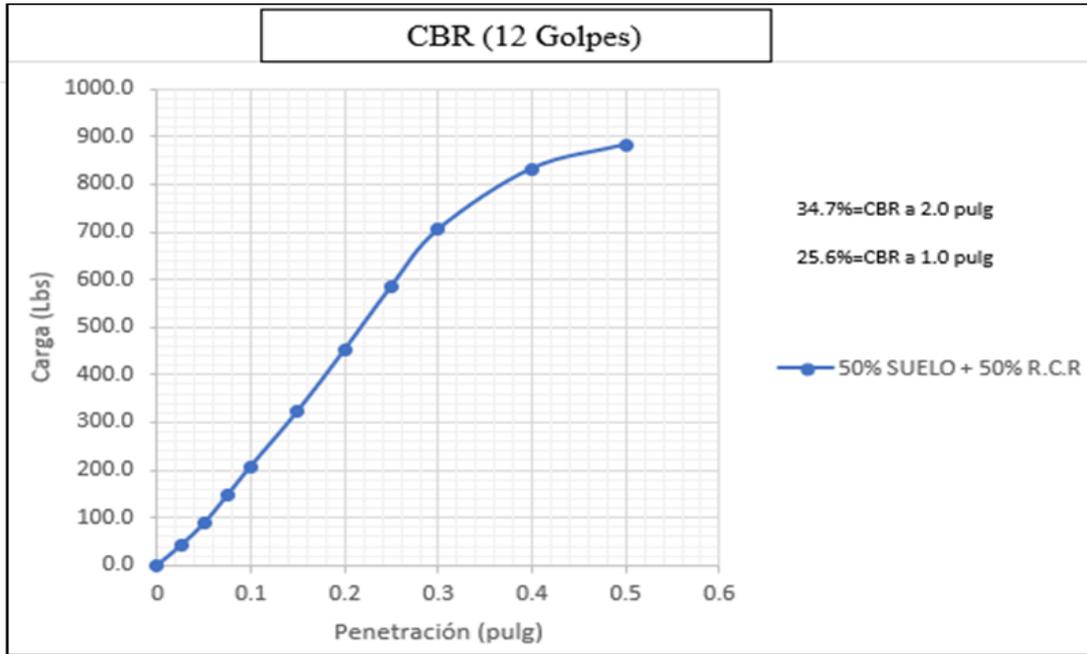


Figura 59. CBR 50%Suelo + 50% R.C.R (12 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

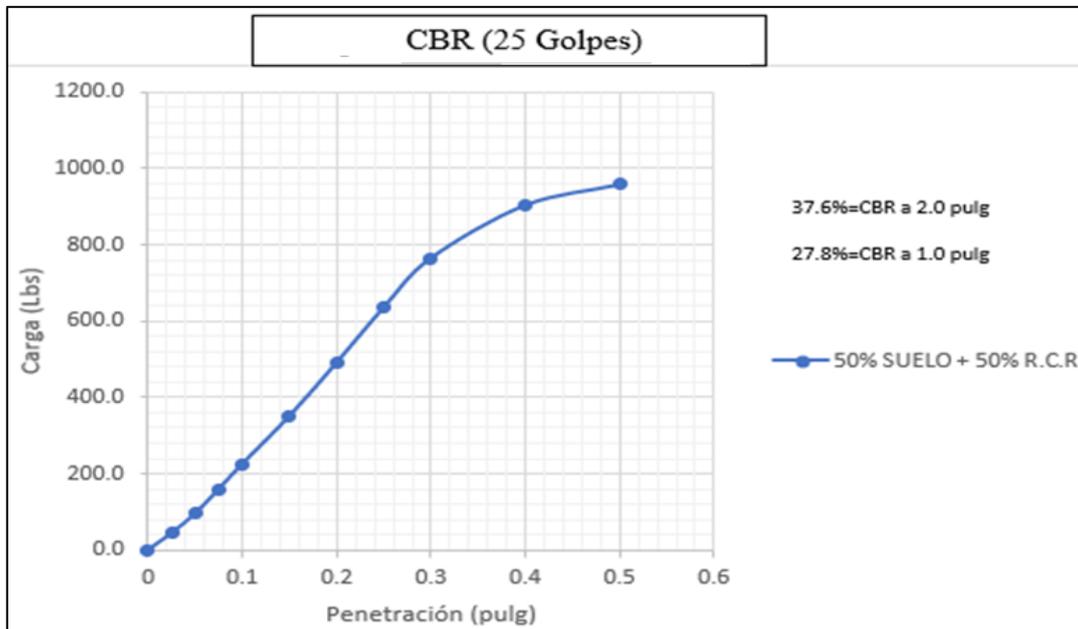


Figura 60. CBR 50%Suelo + 50% R.C.R (25 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

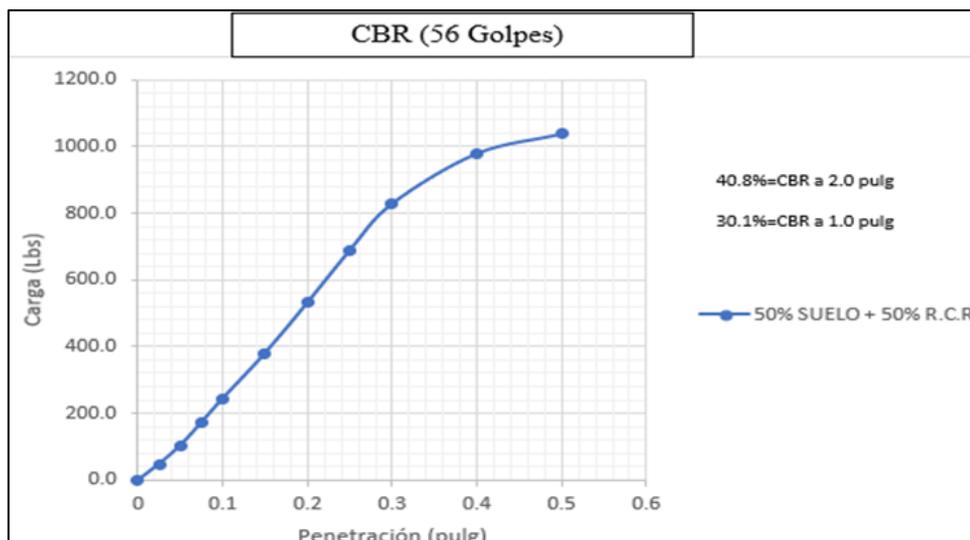


Figura 61. CBR 50% suelo + 50% R.C.R (56 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en las figuras 59, 60 y 61 se puede observar los gráficos que corresponden a 12,25 y 56 golpes que respecta a cada uno con 5 capas, en lo cual los gráficos estuvieron en relación a la penetración (pulg) y la carga (lb/pulg), considerando que la expansión se le realizo en 00:00 hr, 24:00 hr, 48:00 hr, 72:00 hr y 96:00 hr, con empleo de CBR a 2” y CBR a 1”.

Tabla 36. Resultados del Ensayo de CBR 50% suelo + 50% R.C.R

Compactación de especímenes						
Nº Golpes por capa	56 (5 Capas)		25 (5 capas)		12 (5 capas)	
Molde Nº	M-53		M-8		M-53	
Condición de la Muestra	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada
Peso Molde + Suelo Humedo (gr)	11257	11306	11069	11158	10883	11014
Peso del Molde (gr)	7017	7017	7021	7021	7014	7014
Peso del Suelo Humedo (gr)	4240	4289	4048	4137	3869	4000
Volumen del Molde (cm ³)	2081	2081	2098	2098	2106	2106
Densidad Humeda (gr/cm ³)	2.037	2.061	1.929	1.972	1.837	1.899
Densidad Seca (gr/cm ³)	1.844	1.844	1.745	1.744	1.661	1.662
Tarro Nº	105	86	499	45	148	27
Tarro + Suelo Humedo	524	483.5	549.9	463.9	519.8	505
Tarro + Suelo Seco	482.5	446.2	506.3	421.1	482	453.4
Peso del Tarro (gr)	87.3	128.9	94.8	92.9	125.1	92.6
Contenido de Humedad (%)	10.5	11.8	10.6	13	10.6	14.3

Fuente: Elaboración Propia.

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SECO)

Para poder llegar obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes en el 50% r.c.r.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4240 \text{ gr}}{2081 \text{ cm}^3} = 2.037 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad el de 56 golpes para el 50% r.c.r dio:

Con un peso de agua de: 50.21 gr

Contenido de Humedad

$$\begin{aligned} &= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100 \\ &= \frac{41.50 \text{ gr}}{(482.5 - 87.30) \text{ gr}} = 0.105 = 10.50\% \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{Densidad del Suelo Seco} &= \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.037 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{10.5}{100}} \\ &= 1.844 \text{ gr/cm}^3 \end{aligned}$$

COMPACTACIÓN DE ESPECIMENES (SATURADO)

Para poder llegar obtener los datos respecto a la densidad seca y la humedad en el CBR se realizó las siguientes fórmulas que correspondieron para lo de 12, 25 y 56 golpes en el 100% suelo.

$$\text{Densidad del Suelo Humedo} = \frac{\text{Peso del Suelo Humedo}}{\text{Volumen del Molde}} = \frac{4289 \text{ gr}}{2081 \text{ cm}^3} = 2.061 \text{ gr/cm}^3$$

En lo que respecto al contenido de humedad el de 56 golpes para el 50% r.c.r dio:

Con un peso de agua de: 37.44 gr

Contenido de Humedad

$$= \frac{\text{Peso del Agua}}{(\text{Tarro} + \text{Suelo Seco}) - \text{Peso del Tarro}} \times 100$$

$$= \frac{37.44 \text{ gr}}{(446.2 - 128.9) \text{ gr}} = 0.118 = \boxed{11.8 \%}$$

$$\text{Densidad del Suelo Seco} = \frac{\text{Densidad del Suelo Humedo}}{1 + \text{Contenido de Humedad}} = \frac{2.061 \text{ gr/cm}^3}{1 + \frac{11.8}{100}}$$

$$= \boxed{1.844 \text{ gr/cm}^3}$$

Para poder obtener los datos finales en relación de la penetración con la carga se obtuvo en base a los minutos que iba dando los datos en el dial y la carga de la penetración en base a la manivela que daba en la máquina de CBR.

Tabla 37. *Tiempo en relación a la penetración.*

Penetración (pulg)										
0.000	0.025	0.050	0.075	0.100	0.150	0.200	0.250	0.300	0.400	0.500
Tiempo por penetración										
0 seg.	30 seg.	1 min.	1.5 min.	2 min.	3 min.	4 min.	5 min.	6 min.	8 min.	10 min.

Fuente: Elaboración Propia

Tabla 38. *Resultados del Ensayo de CBR 50% suelo + 50% R.C.R*

Penetración de especímenes						
Penetra. (pulg)	12 (5 capas)		25 (5 capas)		56 (5 capas)	
	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²
0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.025	122.5	40.8	133.1	44.4	144.1	48
0.05	263.5	87.8	286.2	95.4	309.9	103.3
0.075	441.6	147.2	479.5	159.8	519.2	173.1
0.1	623.4	207.8	677	225.7	733	244.3
0.15	969.8	323.3	1053.2	351.1	1140.3	380.1
0.2	1355.8	451.9	1472.3	490.8	1594.2	531.4
0.25	1755.5	585.2	1906.4	635.5	2064.1	688
0.3	2112.5	704.2	2294.1	764.7	2438.9	828
0.4	2495.8	831.9	2710.3	903.4	2934.5	978.2
0.5	2645.6	881.9	2872.9	957.6	3110.6	1036.9

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a la tabla 36 se pudo conocer cómo se llegó a los resultados finales considerando que para, 12, 25 y 56 golpes estuvo dividido el material en saturado y no saturado en lo cual se tuvo que tener datos como el peso y volumen del molde, el suelo húmedo, la densidad húmeda y seca el peso del tarro y el contenido de humedad, en las tablas 37 y 38 se puede observar cómo salió el gráfico final de CBR al conocer la penetración (pulg), Lec. Dial (lb) y la Carga (lb/pulg²).

INTERPRETACIÓN:

En la figura 58, 59, 60 y 61 y las tablas 36, 37 y 38 se pudo observar los resultados que llegaron a corresponder al CBR, en lo cual se pudo ver que para el de 56 golpes se obtuvo un resultado de CBR a 2" de 40.8% y CBR a 1" de 30.1%, respecto a 25 golpes los resultados fueron menores dando para el CBR a 2" de 37.6% y CBR a 1" de 27.8% y finalmente para el de 12 golpes dando en el CBR a 2" de 34.7% y CBR a 1" de 25.6%, estos resultados dieron a entender que mientras más compactado se encuentre el suelo el CBR saldrá con un mayor porcentaje en lo cual todo el procedimiento del laboratorio fue respecto a la norma de ASTM D-1883 y MTC E 132. En lo cual respecto a la norma NTP 339.145 en el Ce 010 Pavimento Urbanos en el CBR para subbase debe ser de 30-40% como mínimo, llegando a cumplir con el rango mínimo y pasarlo obteniendo un CBR de 40.8% y en lo que respecta al Método AASHTO para el rango de 20%-50% se puede emplear en la base y subbase como una clasificación buena, con ese rango que obtuvo el suelo de la cantera de la Molina con el 50% de residuo de cerámica roja.

3.3.3 Porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE PRÓCTOR MODIFICADO

Como se muestra a continuación en la figura 62 es la comparación de los resultados de compactación en relación a solo suelo y las dosificaciones de mezcla con el residuo de cerámica roja en relación a la humedad con la densidad de esa manera conocer cuál de los ensayos de compactación tuvo el máximo contenido de humedad, en ese aspecto poder conocer la mejor dosificación del suelo + residuo de cerámica roja.

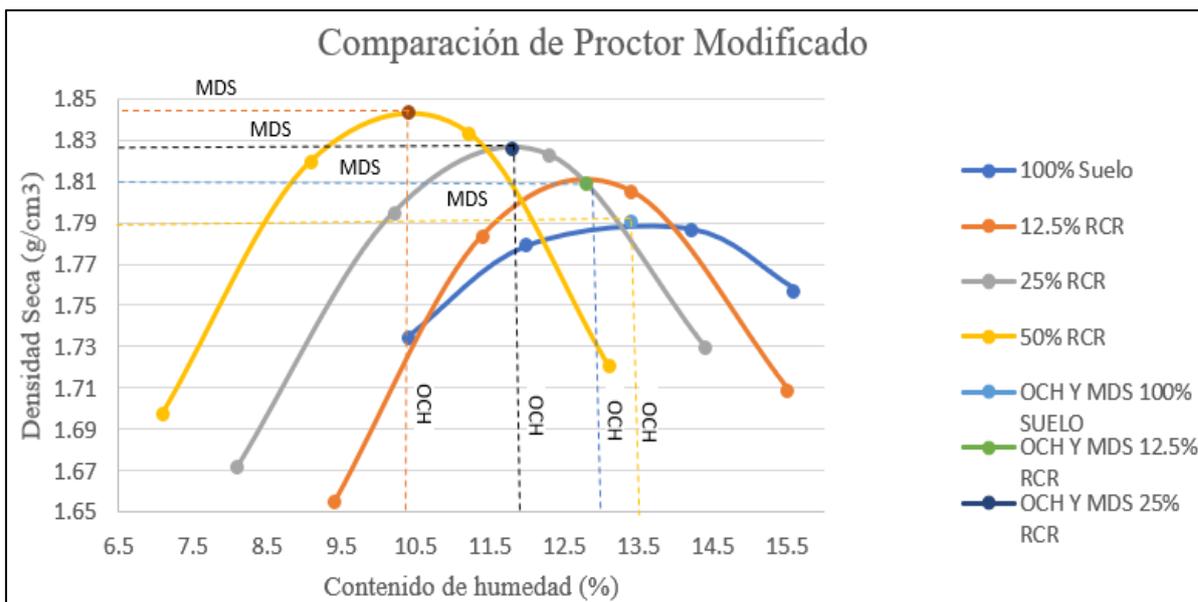


Figura 62. Comparación de los ensayos con el Próctor Modificado

Fuente: Grafico Propio.

Respecto a la tabla 39 se tomó los valores para la comparación mencionando los 4 puntos de cada ensayo de compactación con la cual se obtuvo la curva, de esa manera ver en cada punto que dosificación se mostró con mejores resultados observando también la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

Tabla 39. Resultados del ensayo Próctor Modificado

	100% Suelo	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
Contenido de Humedad (%)	10.4%	9.4%	8.1%	7.1%
	12.0%	11.4%	10.2%	9.1%
	14.2%	13.4%	12.3%	11.2%
	15.6%	15.5%	14.4%	13.1%
Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.735	1.655	1.672	1.698
	1.779	1.784	1.795	1.82
	1.787	1.805	1.823	1.834
	1.758	1.71	1.73	1.721

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 40. Resultados del ensayo Próctor Modificado

	Optimo Contenido de Humedad OCH (%)	Maxima Densidad Seca MDS (g/cm ³)
100% Suelo	13.4%	1.791
12.5% R.C.R	12.8%	1.810
25% R.C.R	11.8%	1.826
50% R.C.R	10.4%	1.844

Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN

Se pudo conocer según la figura 62 y las tablas 39 y 40, por los resultados que para lo que corresponde a solo suelo se pudo conocer que mientras más residuo de cerámica roja se le incrementara la densidad seca aumentaba pero el contenido de humedad disminuía como se pudo conocer que el material solo suelo optimo en la máxima densidad seca de 1.791g/cm³ y el óptimo contenido de humedad de 13.4%, a comparación de la relación de 50% suelo + 50% residuo de cerámica roja en lo que consiguió los más altos resultados en la máxima densidad seca obtuvo 1.844g/cm³ y en el óptimo contenido de humedad 10.4%. En lo cual basándonos en la norma AASHTO T-180 la compactación debe ser de un 95% como mínimo llegando a realizarse la compactación de esa manera todos los ensayos cumpliendo con dicha norma, en lo cual según SUCS para el suelo de características de arena limosa debe tener un contenido de humedad de hasta un 15% llegando a aproximarse a ese dato el del suelo natural que fue de 13.4% la disminución se prologaba al incorporar el residuo, en lo que respecta a la densidad seca para el suelo SM (suelo limoso) debe tener valores de 1.7-2.0 g/cm³, llegando a cumplir en ese aspecto con 1.844 g/cm³, llegando a aumentar la densidad seca al incorporar el residuo de cerámica roja, en un 50% suelo+50% R.C.R.

COMPARACIÓN DE LOS ENSAYOS DE CALIFORNIA BEARING RATIO

Para poder conocer la mejor dosificación se tuvo que juntar los resultados que correspondieron al CBR como se muestra en la figura 63 que corresponde a los 4 ensayos de 56 golpes, en la figura 64 se muestra los 4 ensayos de CBR con 25 golpes y por último en la figura 65 los 4 ensayos de CBR con 12 golpes, todo ello en relación a la penetración (pulg) y la carga (lb/pulg²).

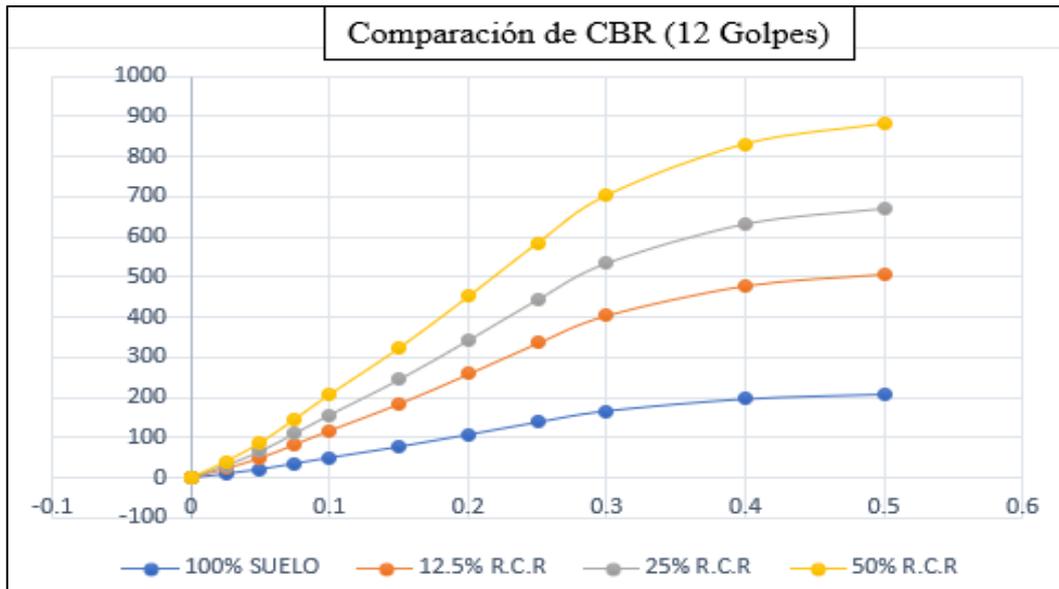


Figura 63. Comparación de los ensayos de CBR (12 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

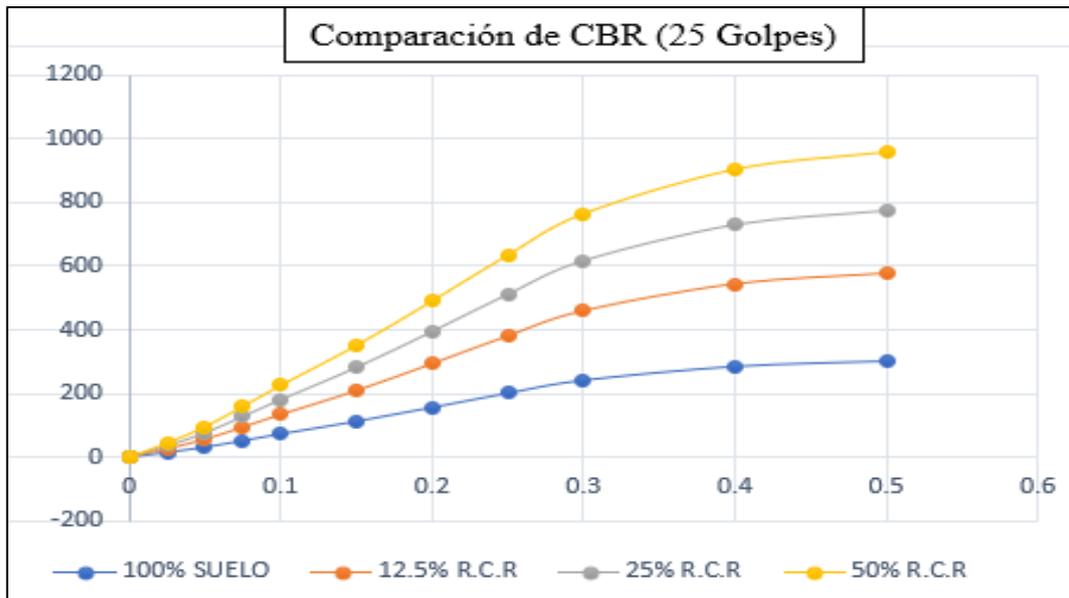


Figura 64. Comparación de los ensayos de CBR (25 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

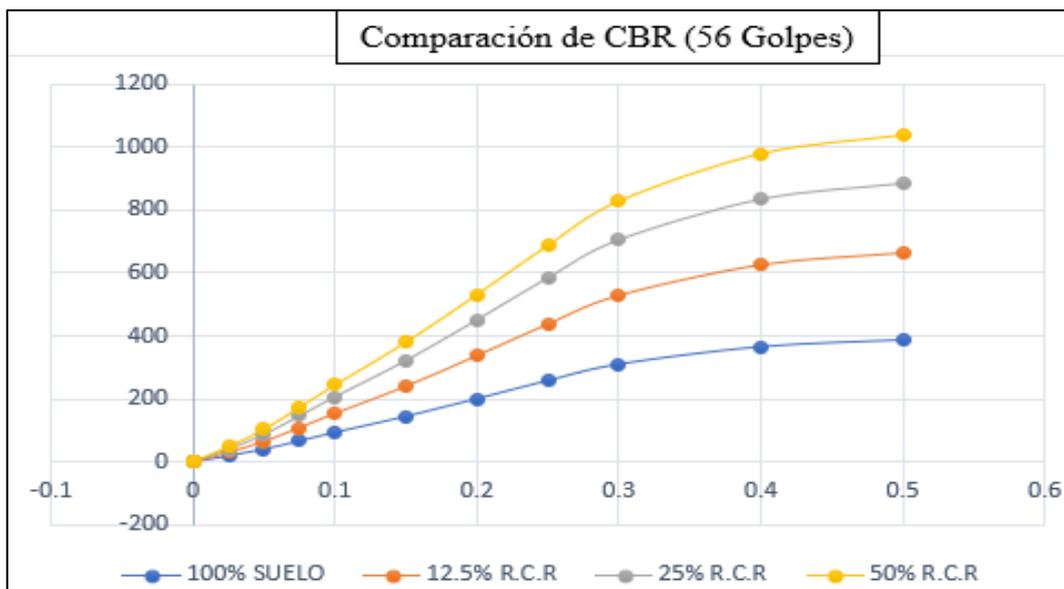


Figura 65. Comparación de los ensayos de CBR (56 golpes)

Fuente: Elaboración Propia.

Respecto a las tablas 41 y 42 se puede observar la comparación de los datos de la penetración con la carga para el de 56 golpes, en las tablas 43 y 44 para el de 25 golpes y finalmente para las tablas 45 y 48 que corresponde al de 12 golpes, de esa manera ver con mayor facilidad la mejor relación de dosificación.

Tabla 41. Resultados de los ensayos de CBR (56 golpes)

100% Suelo		12.5% R.C.R		25% R.C.R		50% R.C.R	
56 (5 Capas)							
Penetra. (pulg)	Carga Lb/pulg ²						
0	0.0	0	0	0	0	0	0
0.025	18.6	0.025	30	0.025	40.5	0.025	48
0.05	39.8	0.05	64.6	0.05	87.1	0.05	103.3
0.075	66.4	0.075	108.7	0.075	146.3	0.075	173.1
0.1	93.5	0.1	153.7	0.1	206.7	0.1	244.3
0.15	144.5	0.15	240.2	0.15	322.2	0.15	380.1
0.2	200.7	0.2	337.4	0.2	451.5	0.2	531.4
0.25	258.8	0.25	438	0.25	585.3	0.25	688
0.3	310.5	0.3	528.1	0.3	705.1	0.3	828
0.4	366.0	0.4	624.9	0.4	833.6	0.4	978.2
0.5	387.6	0.5	662.8	0.5	883.9	0.5	1036.9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 42. Comparación de CBR (56 golpes)

	100% suelo	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
CBR a 2 pulg.	15.2%	26.0%	34.7%	40.8%
CBR a 1 pulg.	11.2%	19.3%	25.7%	30.1%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 43. Resultados de los ensayos de CBR (25 golpes)

100% Suelo		12.5% R.C.R		25% R.C.R		50% R.C.R	
25 (5 Capas)							
Penetra. (pulg)	Carga Lb/ pulg ²						
0	0.0	0	0	0	0	0	0
0.025	14.4	0.025	26.1	0.025	35.4	0.025	44.4
0.05	30.9	0.05	56.3	0.05	76.3	0.05	95.4
0.075	51.6	0.075	94.6	0.075	128.1	0.075	159.8
0.1	72.6	0.1	133.8	0.1	180.9	0.1	225.7
0.15	112.3	0.15	209.1	0.15	282.1	0.15	351.1
0.2	155.9	0.2	293.7	0.2	395.2	0.2	490.8
0.25	201.0	0.25	381.3	0.25	512.5	0.25	635.5
0.3	241.2	0.3	459.7	0.3	617.3	0.3	764.7
0.4	284.3	0.4	543.9	0.4	729.8	0.4	903.4
0.5	301.1	0.5	576.9	0.5	773.9	0.5	957.6

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 44. Comparación de CBR (25 golpes)

	100% suelo	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
CBR a 2 pulg.	11.8%	22.7%	30.4%	37.6%
CBR a 1 pulg.	8.7%	16.8%	22.5%	27.8%

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 45. Resultados de los ensayos de CBR (12golpes)

100% Suelo		12.5% R.C.R		25% R.C.R		50% R.C.R	
12 (5 Capas)							
Penetra. (pulg)	Carga Lb/pulg ²						
0	0.0	0	0	0	0	0	0
0.025	9.9	0.025	23	0.025	30.7	0.025	40.8
0.05	21.3	0.05	49.6	0.05	66.1	0.05	87.8
0.075	35.6	0.075	83.4	0.075	111	0.075	147.2
0.1	50.1	0.1	117.9	0.1	156.8	0.1	207.8
0.15	77.4	0.15	184.2	0.15	244.5	0.15	323.3
0.2	107.5	0.2	258.7	0.2	342.5	0.2	451.9
0.25	138.6	0.25	335.9	0.25	444.1	0.25	585.2
0.3	166.4	0.3	405	0.3	535	0.3	704.2
0.4	196.1	0.4	479.2	0.4	632.5	0.4	831.9
0.5	207.7	0.5	508.2	0.5	670.7	0.5	881.9

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 46. Comparación de CBR a 12 golpes

	100% suelo	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
CBR a 2 pulg.	8.2%	20%	26.3%	34.7%
CBR a 1 pulg.	6%	14.8%	19.5%	25.6%

Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN

Se pudo ver según las figuras 63, 64 y 65 y las tablas 41,42,43,44,45 y 46 , en base a los golpes de compactación de 56, 25 y 12 golpes, la cantidad de relación del CBR, en lo cual en base a las dosificaciones se llegaron obtener diversos resultados de porcentaje en lo que correspondió a 100% suelo dio un resultado 15.2%, para el 87.5% suelo + 12.5% R.C.R dio un resultado de 26%, en lo que corresponde a 75% suelo + 25% R.C.R se obtuvo un porcentaje de CBR de 34.7%, y para el 50% suelo + 50% R.C.R dio un 40.8% de CBR, en lo cual la relación de 50% suelo + 50% R.C.R obtuvo una mejor relación a comparación de los demás resultados, llegando a cumplir con la norma del Método AASHTO 93 considerando que para un CBR de 20%-50% es de una clasificación bueno para el empleo de base y subbase igualmente con la norma de pavimento urbanos Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.145 para su uso en subbase que debe ser de 30%-40% como mínimo cumpliendo con ese rango para su empleo en la subbase.

3.3.4 Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Para poder conocer los efectos de la reutilización del residuo de cerámica roja, se realizaron los ensayos de característica física que correspondieron a la granulometría tanto para el suelo como para el residuo de cerámica roja (mayor, menor e igual a 0.075mm de diámetro) que correspondieron como el agregado fino y grueso, realizando los ensayos de límite de consistencia con el límite líquido y plástico, de igual forma conocer con mayor profundidad la clasificación del suelo.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE TAMIZADO DEL SUELO

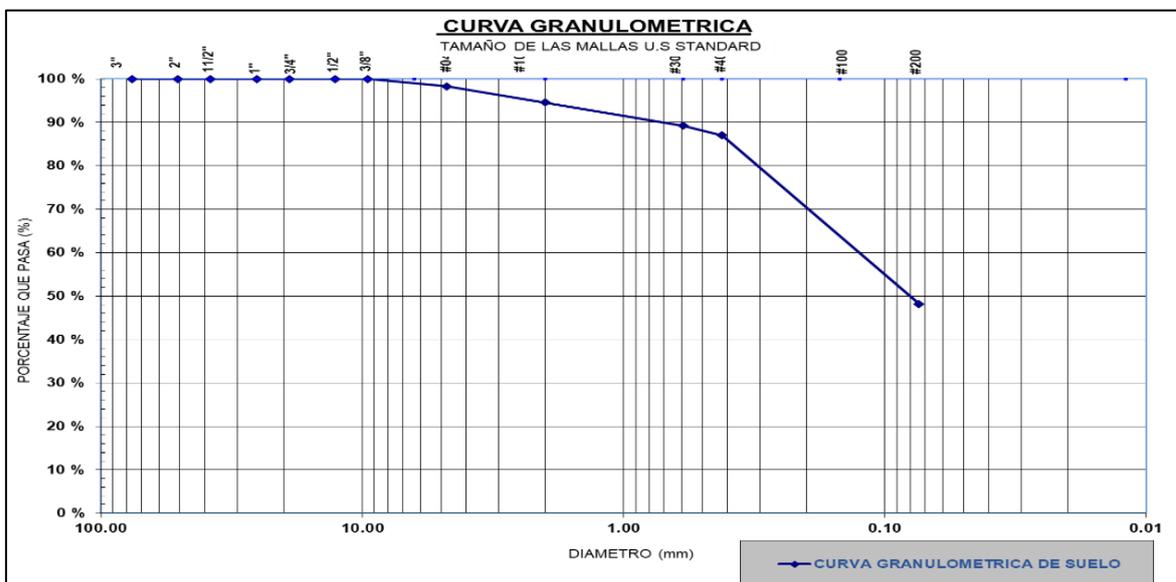


Figura 66. Análisis Granulométrico por Tamizado del suelo

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la figura 66, se pudo observar la relación del porcentaje que pasa en el tamiz, como el diámetro de partícula en mm, del suelo arena limosa.

Tabla 47. Resultados de Análisis Granulométrico

Mallas		Peso Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa
Serie Americana	Abertura (mm)			
3"	76.2	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100
1"	25.4	0.0	0.0	100
3/4"	19.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.7	0.0	0.0	100
3/8"	9.525	0.0	0.0	100
1/4"	6.35	0.4	0.4	99.6
Nº4	4.76	1.3	1.7	98.3
Nº6	3.36	1.5	3.2	96.8
Nº8	2.4	1.5	4.7	95.3
Nº10	2	0.7	5.4	94.6
Nº16	1.18	2.1	7.5	92.5
Nº20	0.85	1.4	8.9	91.1
Nº30	0.59	1.9	10.8	89.2
Nº40	0.42	2.2	13	87
Nº50	0.297	3.2	16.2	83.8
Nº80	0.18	12.7	28.9	71.1
Nº100	0.149	5.9	34.8	65.2
Nº200	0.074	17	51.8	48.2
< Nº 200	ASTM D 1140	48.2	100	0

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla corresponde a los diámetros en mm del tamiz según la norma ASTM, la cantidad de peso retenido, el porcentaje retenido parcial y acumulado, de igual forma el porcentaje que pasa.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 66 y la tabla 47, se pudo observar en base a las curvas granulométricas que llegaron ser obtenidas del suelo de la cantera como material de arena limosa, en lo cual empleando el manual de transporte y comunicaciones, especifican que al emplear las gravas llegan a tener una resistencia al corte teniendo en consideración que la arena tienen diversos vacíos referente a la gravas con las partículas finas, obteniendo que la grava retenida en el tamiz N°4 fue de 1.7%, la arena de 50.1% y el fino pasante por el tamiz N°200 fue de 48.2%. En lo cual estableciendo la clasificación fue en base a la norma de AASHTO A-4 (3), teniendo una calificación de suelo regular a malo, y según la clasificación SUCS es el SM estando en el grupo III teniendo que evaluar el índice de plasticidad y limite líquido.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE TAMIZADO DE RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

Se realizó de igual forma el ensayo granulométrico, al residuo de cerámica roja para poder conocer el material retenido y pasante en cada tamiz según el ASTM D 422.

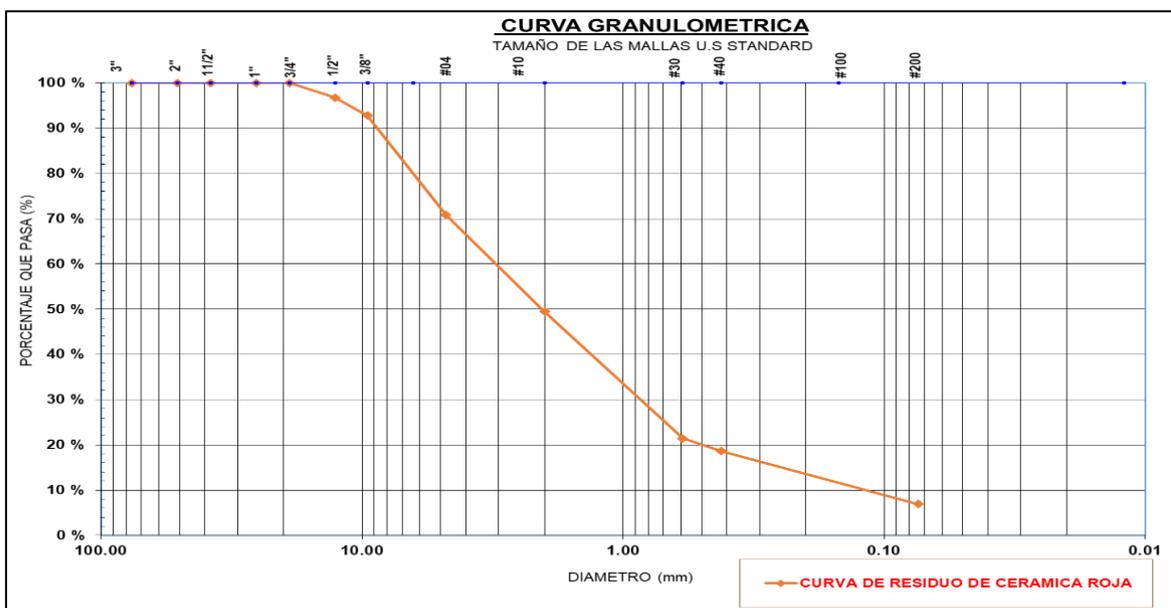


Figura 67. Análisis Granulométrico por Tamizado del residuo de cerámica roja

Fuente: Elaboración Propia.

Como se muestra en la figura 67, se pudo observar la relación del % que pasa en el tamiz, como el diámetro de partícula en mm, del residuo de cerámica roja.

Tabla 48. Resultados de Análisis Granulométrico

Análisis granulométrico de suelos					
Mallas		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	%Que Pasa
Serie Americana	Abertura (mm)				
3"	76.2	0.0	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	0.0	100
1"	25.4	0.0	0.0	0.0	100
3/4"	19.0	0.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.7	16.3	3.2	3.2	96.8
3/8"	9.525	20.4	4.0	7.2	92.8
1/4"	6.35	69.3	13.6	20.8	79.2
Nº4	4.76	42.6	8.4	29.2	70.8
Nº6	2.3				
Nº8	2	108.6	21.3	50.5	49.5
Nº10	1.18				
Nº16	0.84	105.6	20.7	71.2	28.8
Nº20	0.59	37.7	7.4	78.6	21.4
Nº30	0.42	14.5	2.8	81.4	18.6
Nº40	0.297				
Nº50	0.25	29.6	5.8	87.2	12.8
Nº80	0.18				
Nº100	0.149	10.1	2	89.2	10.8
Nº200	0.074	19.7	3.9	93.1	6.9
< Nº 200		35.2	6.9	100	0
Peso inicial		509.6	100		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 49. *Clasificación de la muestra.*

Clasificación de la Muestra	
Clasificación de suelos:	
AASHTO=	A-1-a (1)
SUCS=	SW-SM
Coeficientes:	
Cc=	2.74%
Cu=	57.0%
Límites Atterberg:	
LL=	21%
LP=	N.P.
IP=	N.P.
% H.N=	1.4%
Observaciones:	
-Arena bien graduada con limo	

Fuente: Elaboración Propia.

La tabla 48 y 49 corresponde a los diámetros en mm del tamiz según la norma ASTM D 422, la cantidad de peso retenido, el porcentaje retenido parcial y acumulado, de igual forma el porcentaje que pasa, con lo que respecta a la tabla 49 es de la clasificación del material que en este caso fue del residuo de cerámica roja.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 67 y las tablas 48 y 49, se pudo observar en base a las curvas granulométricas que llegaron ser obtenidas del residuo de cerámica roja considerando que al triturar el material se obtuvo diversos diámetros entre un intervalo de 0.075 mm, en lo cual se clasificó como de tipo arena bien graduada con limo empleando el manual de transporte y comunicaciones, con partículas finas obteniendo un coeficiente de uniformidad de 16.03 en lo cual el $Cu > 6$ es clasificado como arena en ese aspecto siendo bien gradado y un coeficiente de curvatura de 2.74, en donde $3 > Cc > 1$ en donde se obtuvo que también está bien gradado comparando con los resultados obtenidos, en lo cual respecto a su clasificación se llegó a obtener que es un material granular que corresponde a menor de 35% que pasa por

el tamiz #200. En lo cual estableciendo la clasificación fue en base a la norma de AASHTO A-1-a, teniendo una calificación de suelo excelente a bueno, y según la clasificación SUCS es el SW-SM estando en el grupo II teniendo que evaluar el índice de plasticidad, límite líquido, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.

COMPARACIÓN GRANULOMÉTRICA DEL SUELO Y EL R.C.R

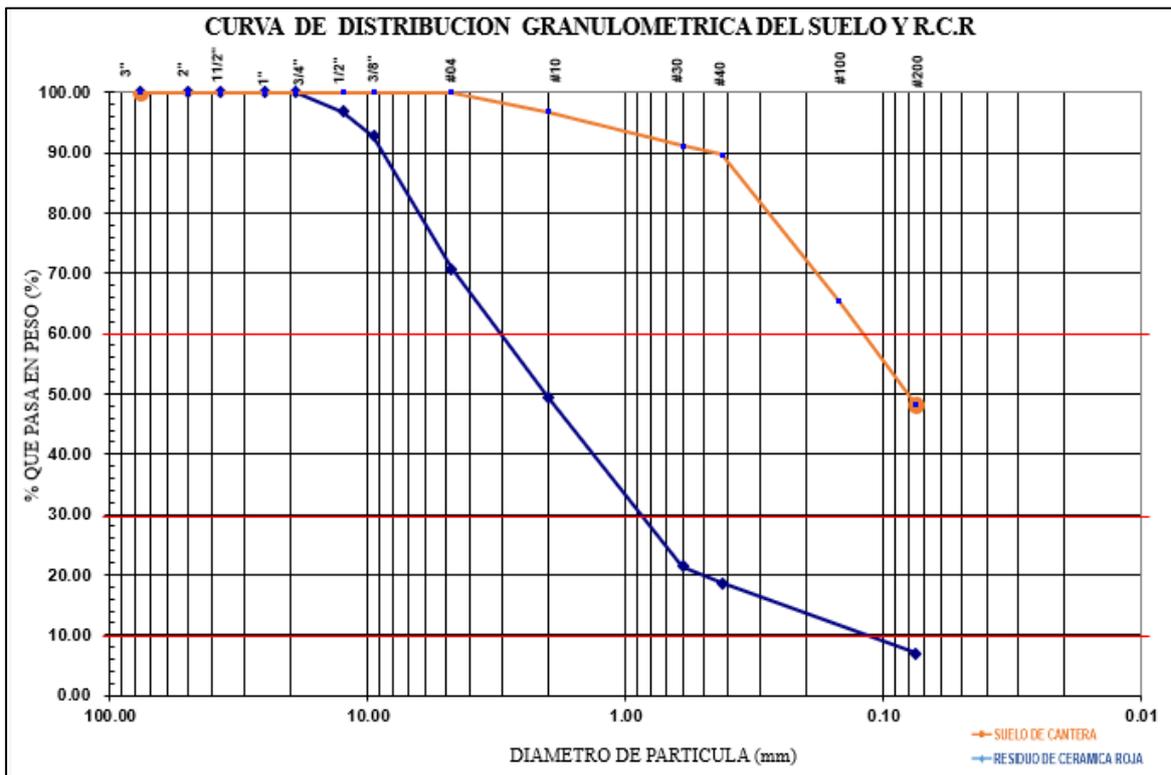


Figura 68. Ensayo granulométrico comparativo del suelo y r.c.r

Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN:

En lo que respecta de la figura 68, se pudo llegar a conocer que el material reciclado tiene una mejor consistencia que el suelo extraído, en lo cual se pudo visualizar con gran facilidad en la curva granulométría y en los resultados de coeficiente de curvatura y coeficiente de uniformidad. En lo cual se llegó a cumplir con los intervalos establecido considerándolo un material bien gradado a comparación del suelo que no cumplió en el coeficiente de curvatura que es $3 > C_c > 1$, teniendo en cuenta que el residuo de cerámica roja en su clasificación final

se obtuvo una categoría de arena bien graduado con limo en cambio el suelo de la cantera fue de una clasificación arena limosa.

GRANULOMETRÍA DE. 87.5% SUELO + 12.5% R.C.R

Se realizó de igual forma la granulometría correspondiente con la mezcla de las dosificaciones que correspondieron al suelo más el residuo de cerámica roja.

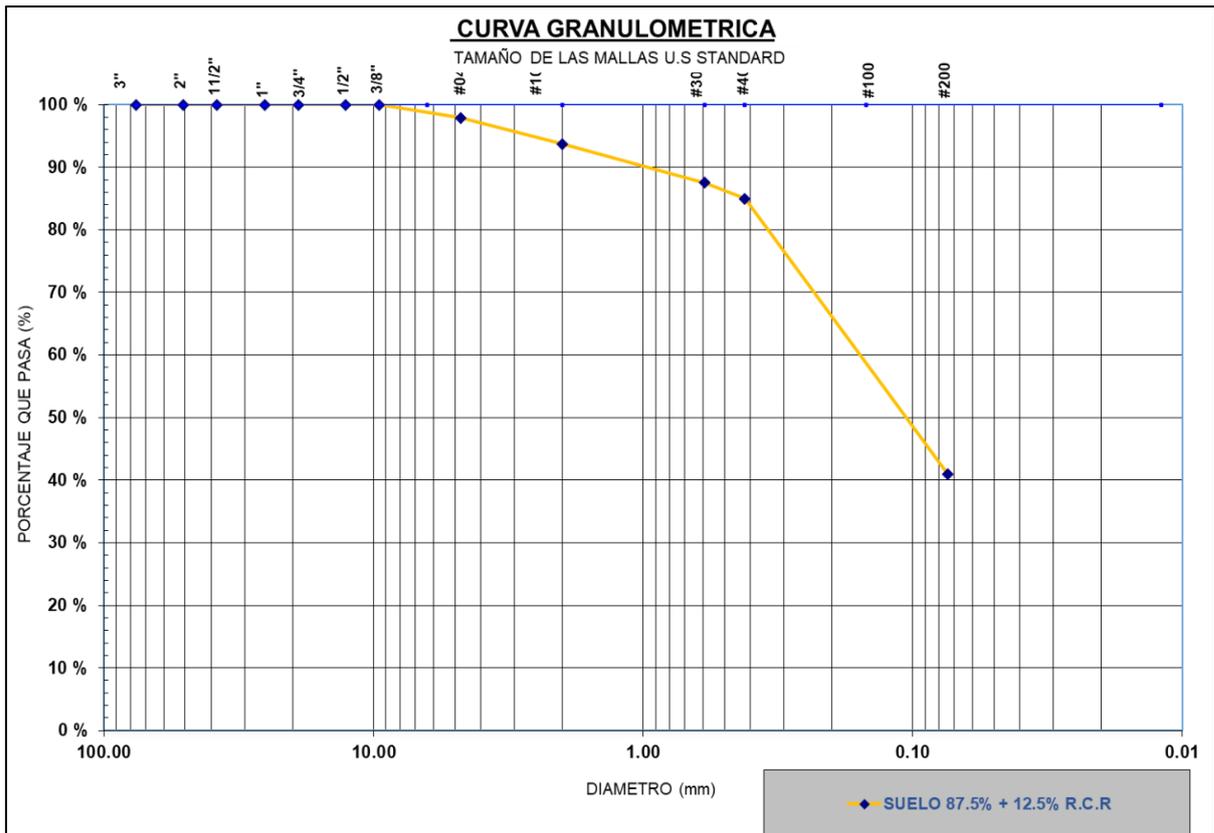


Figura 69: Análisis Granulométrico por Tamizado de 87.5% suelo + 12.5% Residuo de Cerámica Roja

Fuente: Elaboración Propia.

Como se pudo observar en el gráfico 69, se llegó a obtener cómo va la curva granulométrica, luego de haber pasado por el ensayo correspondiente, conociendo los datos del porcentaje que pasa y se retiene en cada malla graduada.

Tabla 50. Resultados de Análisis Granulométrico

Análisis granulométrico de suelos				
Mallas		Peso Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa
Serie Americana	Abertura (mm)			
3"	76.2	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100
1"	25.4	0.0	0.0	100
3/4"	19.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.7	0.0	0.0	100
3/8"	9.525	0.0	0.0	100
1/4"	6.35	0.5	0.5	99.5
Nº4	4.76	1.6	2.1	97.9
Nº6	3.36	1.7	3.8	96.2
Nº8	2.4	1.7	5.5	94.5
Nº10	2	0.8	6.3	93.7
Nº16	1.18	2.4	8.7	91.3
Nº20	0.85	1.6	10.3	89.7
Nº30	0.59	2.2	12.5	87.5
Nº40	0.42	2.5	15.0	85.0
Nº50	0.297	3.7	18.7	81.3
Nº80	0.18	14.4	33.1	66.9
Nº100	0.149	6.7	39.8	60.2
Nº200	0.074	19.3	59.1	40.9
< Nº 200	ASTM D 1140	40.9	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 51. *Clasificación de la muestra.*

Clasificación de la Muestra	
Clasificación de suelos:	
AASHTO=	A-4 (1)
SUCS=	SM
Descripción e identificación de suelo:	
Grava (Ret. N°4) :	2.1%
Arena :	57.0%
Fino (Pas. N°200):	40.9%
Límites Atterberg:	
LL=	21%
LP=	N.P.
I.P=	N.P.
% H.N=	1.4%
Observaciones:	
-Arena Limosa.	

Fuente: Elaboración Propia.

Como se conoció en la tabla 50 y 51, especifica los datos con el que se llegó a obtener los gráficos anteriormente visto, en lo cual se especifica la relación de cómo se altera la curva al incorporar 12.5 de residuo de cerámica roja.

INTERPRETACIÓN

En la figura 69 y la tabla 50 y 51, se pudo observar en base a las curvas granulométricas que llegaron ser obtenidas del suelo más el 12.5% del residuo de cerámica roja obteniendo una clasificación de material de arena limosa, obteniendo que la grava retenida en el tamiz N°4 fue de 2.1%, la arena de 57% y el fino pasante por el tamiz N°200 fue de 40.9%. En lo cual estableciendo la clasificación fue en base a la norma de AASHTO A-4 (1), teniendo una clasificación de suelo regular a malo, y según la clasificación SUCS es el SM estando en el grupo III teniendo que evaluar el índice de plasticidad y límite líquido.

GRANULOMETRÍA DE. 75% SUELO + 25% R.C.R

Se realizó de igual forma la granulometría correspondiente con la mezcla de las dosificaciones que correspondieron al suelo más el residuo de cerámica roja.

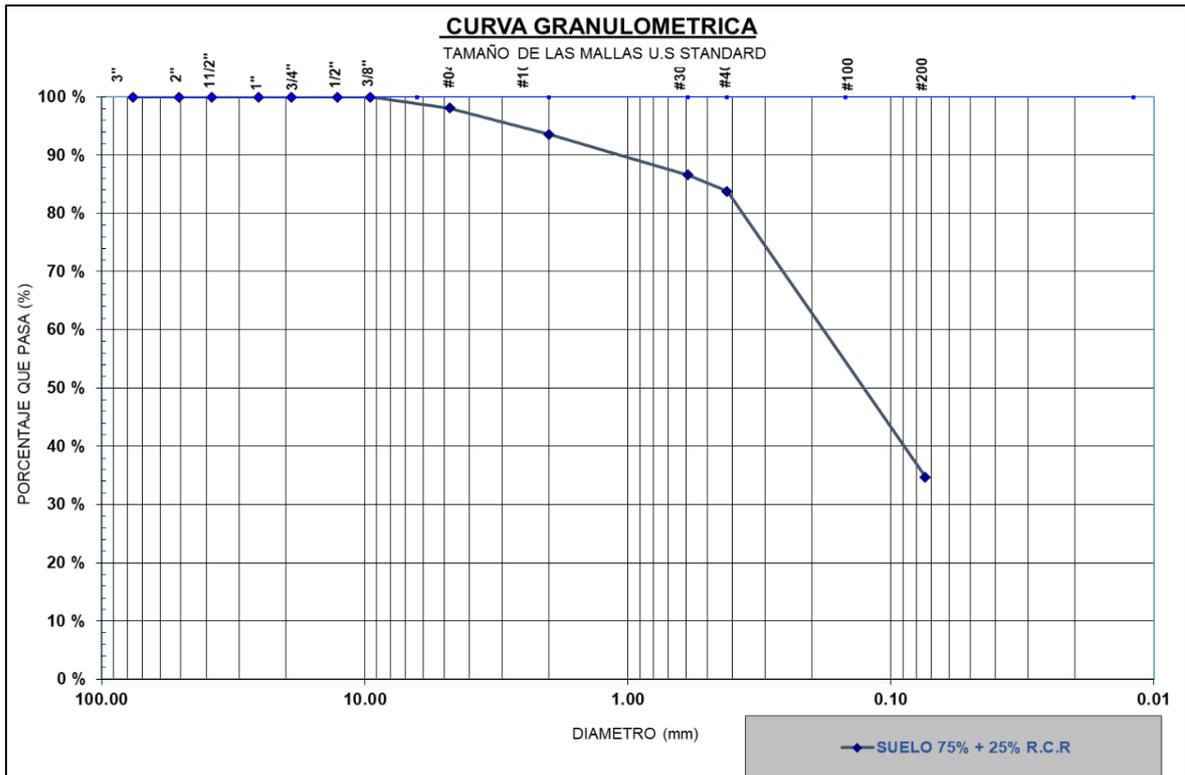


Figura 70. Análisis Granulométrico por Tamizado de 75% suelo + 25% Residuo de Cerámica Roja

Fuente: Elaboración Propia.

Como se pudo observar en el gráfico 70, se llegó a obtener cómo va la curva granulométrica, luego de haber pasado por el ensayo correspondiente, conociendo los datos del porcentaje que pasa y se retiene en cada malla graduada.

Tabla 52. Resultados de Análisis Granulométrico

Análisis granulométrico de suelos				
Mallas		Peso Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa
Serie Americana	Abertura (mm)			
3"	76.2	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100
1"	25.4	0.0	0.0	100
3/4"	19.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.7	0.0	0.0	100
3/8"	9.525	0.0	0.0	100
1/4"	6.35	0.5	0.5	99.5
Nº4	4.76	1.4	1.9	98.1
Nº6	3.36	1.8	3.7	96.3
Nº8	2.4	1.8	5.5	94.5
Nº10	2	0.9	6.4	93.6
Nº16	1.18	2.7	9.1	90.9
Nº20	0.85	1.8	10.9	89.1
Nº30	0.59	2.5	13.4	86.6
Nº40	0.42	2.8	16.2	83.8
Nº50	0.297	4.1	20.3	79.7
Nº80	0.18	16	36.3	63.7
Nº100	0.149	7.5	43.8	56.2
Nº200	0.074	21.5	65.3	34.7
< Nº 200	ASTM D 1140	34.7	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 53. *Clasificación de la muestra.*

Clasificación de la Muestra	
Clasificación de suelos:	
AASHTO=	A-2-4 (0)
SUCS=	SM
Descripción e identificación de suelo:	
Grava (Ret. N°4) :	1.9%
Arena :	63.4%
Fino (Pas. N°200):	34.7%
Limites Attemberg:	
LL=	18%
LP=	N.P.
I.P=	N.P.
% H.N=	1.2%
Observaciones:	
-Arena Limosa.	

Fuente: Elaboración Propia.

Como se conoció en la tabla 52 y 53, especifica los datos con el que se llegó a obtener los gráficos anteriormente visto, en lo cual se especifica la relación de cómo se altera la curva al incorporar 25% de residuo de cerámica roja.

INTERPRETACIÓN

En la figura 70 y la tabla 52 y 53, se pudo observar en base a las curvas granulométricas que llegaron ser obtenidas del suelo más el 25% del residuo de cerámica roja obteniendo una clasificación de material de arena limosa, obteniendo que la grava retenida en el tamiz N°4 fue de 1.9%, la arena de 63.4% y el fino pasante por el tamiz N°200 fue de 34.7%. En lo cual estableciendo la clasificación fue en base a la norma de AASHTO A-2-4 (0), teniendo una clasificación de suelo bueno a excelente, y según la clasificación SUCS es el SM estando en el grupo III teniendo que evaluar el índice de plasticidad y límite líquido.

GRANULOMETRÍA DE. 50% SUELO + 50% R.C.R

Se realizó de igual forma la granulometría correspondiente con la mezcla de las dosificaciones que correspondieron al suelo más el residuo de cerámica roja.

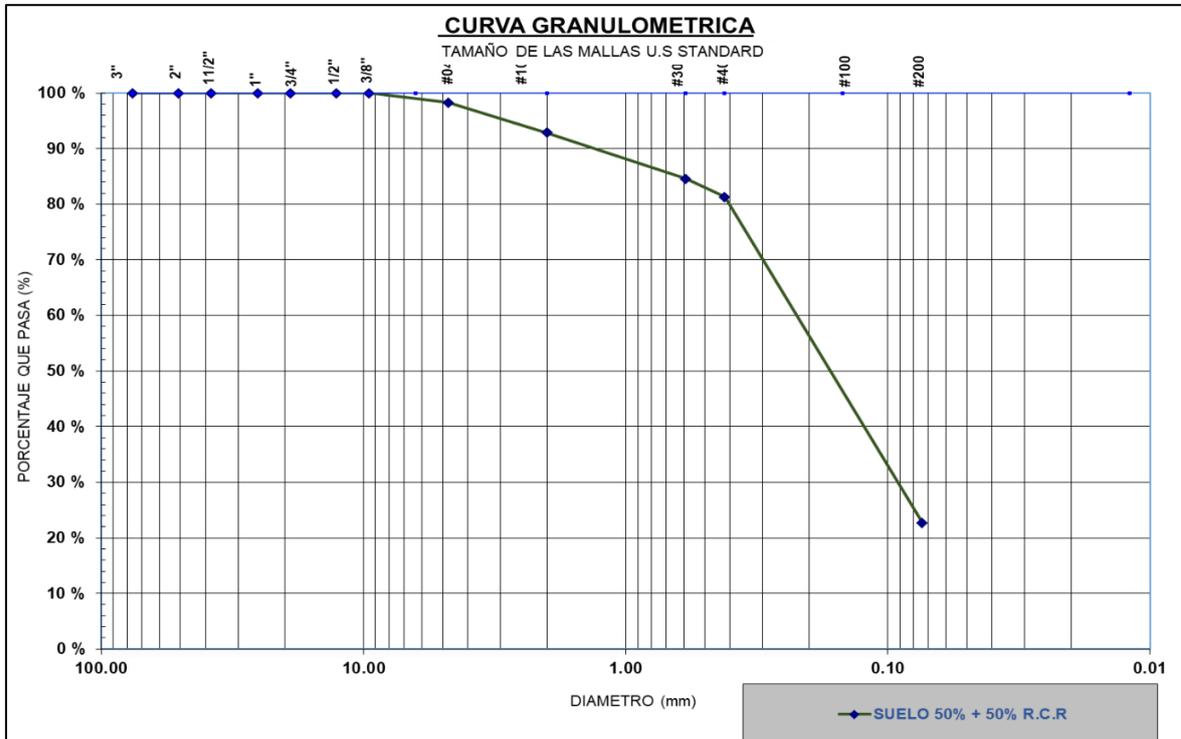


Figura 71. Análisis Granulométrico por Tamizado de 50% suelo + 50% Residuo de Cerámica Roja

Fuente: Elaboración Propia.

Como se pudo observar en el gráfico 71, se llegó a obtener cómo va la curva granulométrica, luego de haber pasado por el ensayo correspondiente, conociendo los datos del porcentaje que pasa y se retiene en cada malla graduada.

Tabla 54. Resultados de Análisis Granulométrico

Análisis granulométrico de suelos				
Mallas		Peso Retenido	% Retenido Acumulado	%Que Pasa
Serie Americana	Abertura (mm)			
3"	76.2	0.0	0.0	100
2 1/2"	63.5	0.0	0.0	100
2"	50.8	0.0	0.0	100
1 1/2"	38.1	0.0	0.0	100
1"	25.4	0.0	0.0	100
3/4"	19.0	0.0	0.0	100
1/2"	12.7	0.0	0.0	100
3/8"	9.525	0.0	0.0	100
1/4"	6.35	0.4	0.4	99.6
Nº4	4.76	1.3	1.7	98.3
Nº6	3.36	2.2	3.9	96.1
Nº8	2.4	2.2	6.1	93.9
Nº10	2	1	7.1	92.9
Nº16	1.18	3.2	10.3	89.7
Nº20	0.85	2.2	12.5	87.5
Nº30	0.59	2.9	15.4	84.6
Nº40	0.42	3.3	18.7	81.3
Nº50	0.297	4.9	23.6	76.4
Nº80	0.18	19.1	42.7	57.3
Nº100	0.149	8.9	51.6	48.4
Nº200	0.074	25.7	77.3	22.7
< Nº 200	ASTM D 1140	22.7	100.0	0.0

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 55. *Clasificación de la muestra.*

Clasificación de la Muestra	
Clasificación de suelos:	
AASHTO=	A-2-4 (0)
SUCS=	SM
Descripción e identificación de suelo:	
Grava (Ret. N°4):	1.7%
Arena :	75.6%
Fino (Pas. N°200):	22.7%
Limites Attemberg:	
LL=	N.P.
LP=	N.P.
IP=	N.P.
% H.N=	1.1%
Observaciones:	
-Arena Limosa.	

Fuente: Elaboración Propia.

Como se conoció en la tabla 54 y 55, especifica los datos con el que se llegó a obtener lo gráficos anteriormente visto, en lo cual se especifica la relación de cómo se altera la curva al incorporar 50% de residuo de cerámica roja.

INTERPRETACIÓN

En la figura 71 y la tabla 54 y 55, se pudo observar en base a las curvas granulométricas que llegaron ser obtenidas del suelo más el 50% del residuo de cerámica roja obteniendo una clasificación de material de arena limosa, obteniendo que la grava retenida en el tamiz N°4 fue de 1.7%, la arena de 75.6% y el fino pasante por el tamiz N°200 fue de 22.7%. En lo cual estableciendo la clasificación fue en base a la norma de AASHTO A-2-4 (0), teniendo una calificación de suelo bueno a excelente, y según la clasificación SUCS es el SM estando en el grupo III teniendo que evaluar el índice de plasticidad y limite líquido.

COMPARACIÓN DE LAS CURVAS GRANULOMÉTRICA:

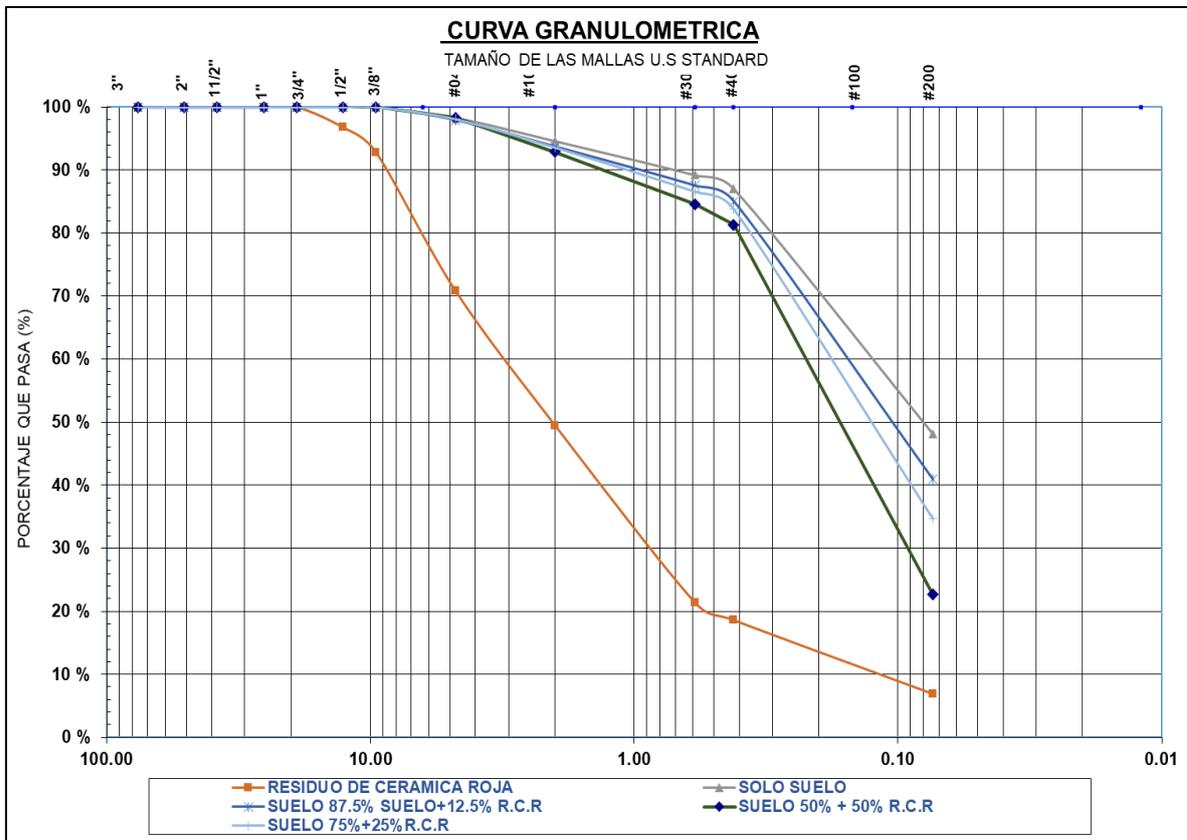


Figura 72. Comparación de Análisis Granulométrico

Fuente: Elaboración Propia.

Como se pudo observar en el gráfico 72, se llegó a obtener cómo va la curva granulométrica, luego de haber pasado por el ensayo correspondiente, conociendo los datos del porcentaje que pasa y se retiene en cada malla graduada, en lo cual para ello se empleó los resultados en conjunto de solo suelo, residuo de cerámica roja, las dosificaciones de mezcla de suelo más el residuo de cerámica roja que correspondieron al 12.5% de residuo de cerámica roja, 25% de residuo de cerámica roja y 50% de residuo de cerámica roja.

Tabla 56. Comparación del material y las dosificaciones.

Análisis granulométrico de suelos						
Mallas		Solo Suelo	Residuo de Cerámica Roja	87.5%	75%	50%
Serie Americana	Abertura (mm)			Suelo+12.5% R.C.R	Suelo+25% R.C.R	Suelo+50% R.C.R
		% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa	% Que Pasa
3"	76.2	100	100	100	100	100
2 1/2"	63.5	100	100	100	100	100
2"	50.8	100	100	100	100	100
1 1/2"	38.1	100	100	100	100	100
1"	25.4	100	100	100	100	100
3/4"	19.0	100	100	100	100	100
1/2"	12.7	100	96.8	100	100	100
3/8"	9.525	100	92.8	100	100	99.6
1/4"	6.35	99.6	79.2	99.5	99.5	98.3
N°4	4.76	98.3	70.8	97.9	98.1	96.1
N°6	3.36	96.8		96.2	96.3	93.9
N°8	2.4	95.3		94.5	94.5	92.9
N°10	2	94.6	49.5	93.7	93.6	89.7
N°16	1.18	92.5		91.3	90.9	87.5
N°20	0.85	91.1	28.8	89.7	89.1	87.5
N°30	0.59	89.2	21.4	87.5	86.6	84.6
N°40	0.42	87	18.6	85	83.8	81.3
N°50	0.297	83.8	12.8	81.3	79.7	76.4
N°80	0.18	71.1		66.9	63.7	57.3
N°100	0.149	65.2	10.8	60.2	56.2	48.4
N°200	0.074	48.2	6.9	40.9	34.7	22.7

Fuente: Elaboración Propia.

Como se conoció en la tabla 56, especifica los datos con el que se llegó a obtener lo gráficos anteriormente visto, en lo cual se especifica la relación de cómo se altera la curva al ser solo el material y luego al mezclarse en las dosificaciones específicas.

INTERPRETACIÓN

En la figura 72 y la tabla 56, se pudo observar en base a las curvas granulométricas que llegaron ser obtenidas del suelo, del residuo de cerámica roja y las dosificaciones establecida en la investigación, obteniendo una clasificación de material de arena limosa, obteniendo que la grava retenida en el tamiz N°4, la arena y el fino pasante por el tamiz N°200 variaba dependiendo de la granulometría correspondiente llegando a obtener diferente clasificación. En lo cual estableciendo la clasificación fue en base a la norma de AASHTO ya que favoreció el material al ser mezclado pasado de un A4 (0) que es de regular a malo a un A-2-4(0) caracterizada por ser un suelo de bueno a excelente llegando a cumplir con los estándares de dicha norma.

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Respecto a los límites de consistencia, se realizaron el límite líquido y plástico y con ello obtener los límites de consistencia tanto para el suelo, como para las dosificaciones al mezclar suelo más el residuo.

100% SUELO

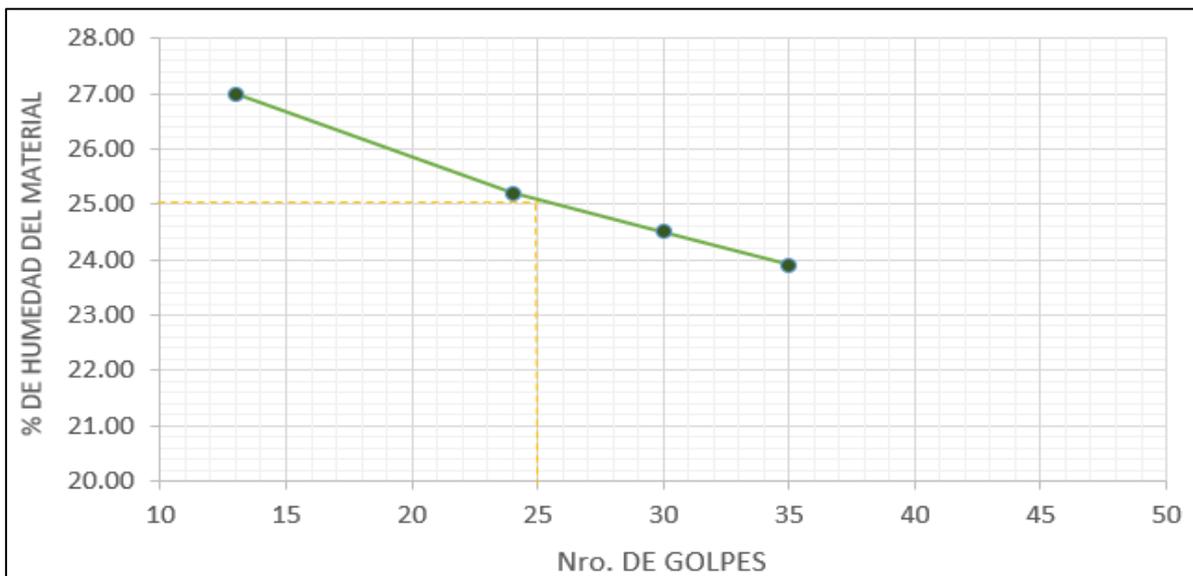


Figura 73. Límites de Consistencia de 100% suelo.

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 73 se pudo conocer los límites de consistencia que están representados por el número de golpes en relación al contenido de humedad.

Tabla 57. Resultados de los Límites de Consistencia del 100% suelo.

Ensayo N°	Limite liquido				Limite plastico	
	1	2	3	4	1	2
Capsula N°	290	232	305	173	---	---
Peso capsula + Suelo humedo (g)	30.69	31.57	32.56	28.24	---	---
Peso capsula + Suelo seco (g)	27.75	28.86	29.59	25.63	---	---
Peso del Agua (g)	2.94	2.71	2.97	2.61	---	---
Peso de la Capsula (g)	16.85	18.09	17.47	14.72	---	---
Peso del suelo seco (g)	10.9	10.77	12.12	10.91	---	---
Contenido de humedad (%)	27	25.2	24.5	23.9	---	---
Numero de golpes	13	24	30	35		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 58. Contenido de humedad de solo suelo.

Denominación	Contenido de humedad	
	E-1	E-2
Capsula N°	20	245
Peso capsula + suelo humedo (g)	328.9	356.1
Peso Capsula + suelo seco (g)	325.3	352.9
Peso del Agua (g)	3.6	3.2
Peso de la Capsula (g)	86.1	141.2
Peso del suelo seco (g)	239.2	211.7
Contenido de humedad (%)	1.5	1.1
	1.1	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 57 se pudo observar los límites de consistencia del suelo en lo cual no hubo limite plástico, pero si limite húmedo y en la tabla 58, se pudo conocer el contenido de humedad del suelo.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 73 y las tablas 57 y 58 se pudo observar que no llegó a tener un resultado en el límite plástico dando un resultado de N.P. pero con lo que respecta el límite liquido se llegó a obtener un resultado de 25%, en donde en base a la carta de plasticidad se pueden llegar a tener alrededor de 7 tipos de suelos que van desde suelo poco cohesivo que no es adherente hasta las arcillas inorgánicas de alta plasticidad que llega ser muy adherente. En lo cual según

la norma de Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.129 para el límite líquido debe tener 25% como máximo, llegando a cumplir en ese aspecto el suelo natural obteniendo un 25% exacto, en lo que respecta al límite plástico debe tener un 4% como máximo, en lo cual este suelo de categoría de arena limosa no presenta límite plástico.

87.5% SUELO-12.5% R.C.R

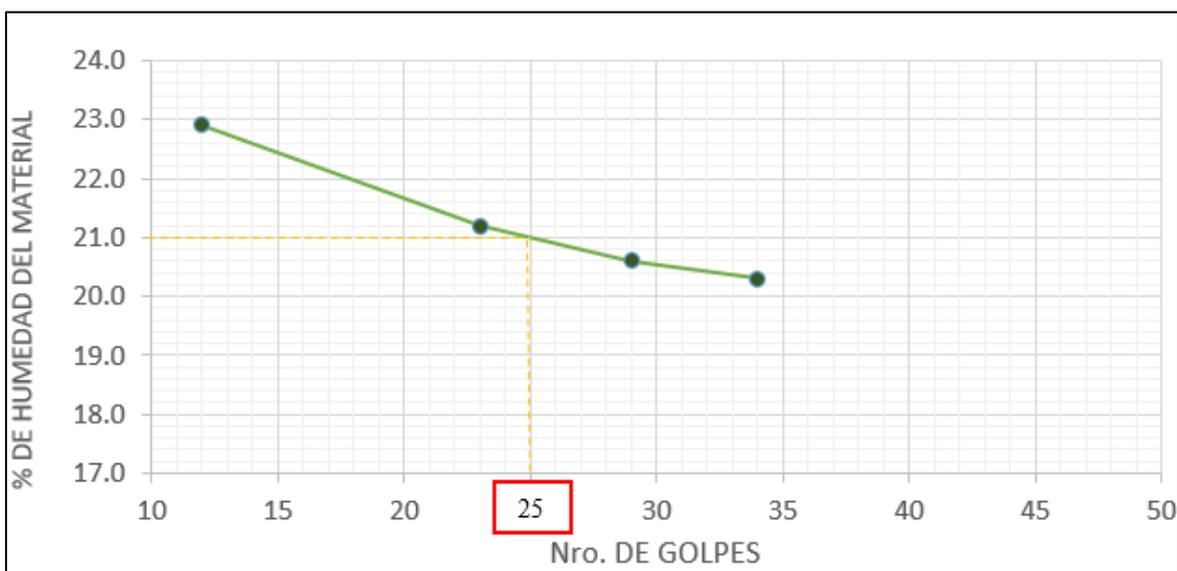


Figura 74. Límites de Consistencia de 87.5% suelo + 12.5% R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 74 se pudo conocer los límites de consistencia que están representados por el número de golpes en relación al contenido de humedad.

Tabla 59. Resultados de los Límites de Consistencia del 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.

Ensayo N°	Limite liquido				Limite plastico	
	1	2	3	4	1	2
Capsula N°	308	283	118	248	---	---
Peso capsula + Suelo humedo (g)	34.55	29.72	30.01	29.4	---	---
Peso capsula + Suelo seco (g)	31.48	27.42	27.92	27.13	---	---
Peso del Agua (g)	2.94	2.71	2.97	2.61	---	---
Peso de la Capsula (g)	16.85	18.09	17.47	14.72	---	---
Peso del suelo seco (g)	10.9	10.77	12.12	10.91	---	---
Contenido de humedad (%)	27	25.2	24.5	23.9	---	---
Numero de golpes	13	24	30	35		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 60. *Contenido de humedad de 87.5% Suelo + 12.5% R.C.R.*

Denominación	Contenido de humedad	
	E-1	E-2
Capsula N°	300	245
Peso capsula + suelo humedo (g)	359	342.4
Peso Capsula + suelo seco (g)	354.6	338.9
Peso del Agua (g)	4.4	3.5
Peso de la Capsula (g)	63.6	68.6
Peso del suelo seco (g)	291	270.3
Contenido de humedad (%)	1.5	1.3
	1.4	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 59 se pudo observar los límites de consistencia del suelo en lo cual no hubo limite plástico, pero si limite húmedo y en la tabla 60 el contenido de humedad.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 74 y tabla 59 y 60 se pudo observar que no llegó a tener un resultado en el límite plástico dando un N.P. pero con lo que respecta el límite liquido se llegó a obtener un resultado de 21%, con lo que respecta al contenido de humedad dio un resultado de 1.4%, en donde en base a la carta de plasticidad se pueden llegar a tener alrededor de 7 tipos de suelos que van desde suelo poco cohesivo que no es adherente hasta las arcillas inorgánicas de alta plasticidad que llega ser muy adherente. En lo cual según la norma de Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.129 para el límite liquido debe tener 25% como máximo, llegando a cumplir en ese aspecto el suelo natural + 12.5% de residuo de cerámica roja obteniendo un 21%, en lo que respecta al límite plástico debe tener un 4% como máximo, en lo cual este suelo de categoría de arena limosa + 12.5% de residuo de cerámica roja no presento limite plástico.

75% SUELO-25% R.C.R

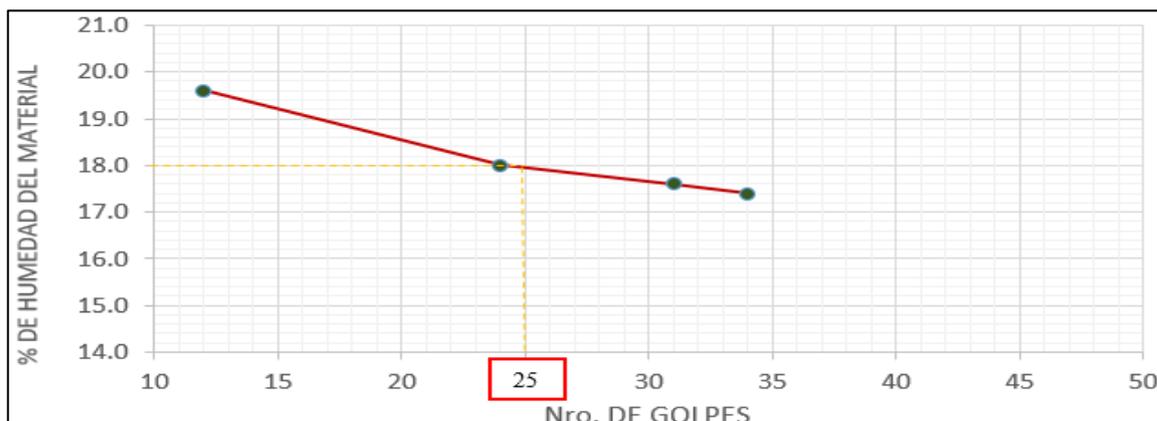


Figura 75. Límites de Consistencia de 75% suelo+25%R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 75 se pudo conocer los límites de consistencia que están representados por el número de golpes en relación al contenido de humedad.

Tabla 61. Resultados de los Límites de Consistencia del 75% suelo + 25% R.C.R.

Ensayo N°	Limite liquido				Limite plastico	
	1	2	3	4	1	2
Capsula N°	308	283	118	248	---	---
Peso capsula + Suelo humedo (g)	34.55	29.72	30.01	29.4	---	---
Peso capsula + Suelo seco (g)	31.48	27.42	27.92	27.13	---	---
Peso del Agua (g)	3.07	2.3	2.09	2.27	---	---
Peso de la Capsula (g)	18.07	16.56	17.78	15.93	---	---
Peso del suelo seco (g)	13.41	10.86	10.14	11.2	---	---
Contenido de humedad (%)	22.9	21.2	20.6	20.3	---	---
Numero de golpes	12	23	29	34		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 62. Contenido de humedad de 75% suelo + 25% R.C.R.

Denominación	Contenido de humedad	
	E-1	E-2
Capsula N°	300	245
Peso capsula + suelo humedo (g)	359	342.4
Peso Capsula + suelo seco (g)	354.6	338.9
Peso del Agua (g)	4.4	3.5
Peso de la Capsula (g)	63.6	68.6
Peso del suelo seco (g)	291	270.3
Contenido de humedad (%)	1.5	1.3
	1.4	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 61 se pudo observar los límites de consistencia del suelo en lo cual no hubo límite plástico, pero sí límite húmedo y en la tabla 62 el contenido de humedad.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 75 y las tablas 61 y 62 se pudo observar que no llegó a tener un resultado en el límite plástico dando un N.P. pero con lo que respecta al límite líquido se llegó a obtener un resultado de 18%, con lo que respecta al contenido de humedad dio un resultado de 1.2%, en donde en base a la carta de plasticidad se pueden llegar a tener alrededor de 7 tipos de suelos que van desde suelo poco cohesivo que no es adherente hasta las arcillas inorgánicas de alta plasticidad que llega a ser muy adherente. En lo cual según la norma de Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.129 para el límite líquido debe tener 25% como máximo, llegando a cumplir en ese aspecto el suelo natural + 25% de residuo de cerámica roja obteniendo un 18%, en lo que respecta al límite plástico debe tener un 4% como máximo, en lo cual este suelo de categoría de arena limosa + 25% de residuo de cerámica roja no presentó límite plástico.

50% SUELO+50% R.C.R

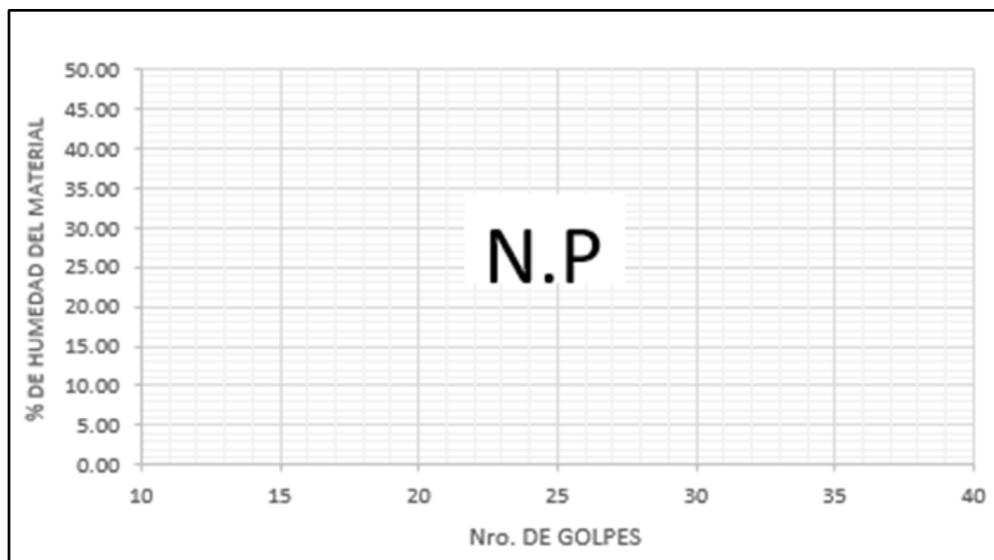


Figura 76. Límites de Consistencia de 50% Suelo + 50% R.C.R

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 76 se pudo conocer los límites de consistencia que están representados por el número de golpes en relación al contenido de humedad, en este caso no se presentó límites como se puede observar en la figura.

Tabla 63. Resultados de los Límites de Consistencia del 50% suelo + 50% R.C.R.

Ensayo N°	Limite liquido				Limite plastico	
	1	2	3	4	1	2
Capsula N°	---	---	---	---	---	---
Peso capsula + Suelo humedo (g)	---	---	---	---	---	---
Peso capsula + Suelo seco (g)	---	---	---	---	---	---
Peso del Agua (g)	---	---	---	---	---	---
Peso de la Capsula (g)	---	---	---	---	---	---
Peso del suelo seco (g)	---	---	---	---	---	---
Contenido de humedad (%)	---	---	---	---	---	---
Numero de golpes	---	---	---	---		

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 64. Contenido de humedad de 50% suelo + 50% R.C.R.

Denominación	Contenido de humedad	
	E-1	E-2
Capsula N°	267	245
Peso capsula + suelo humedo (g)	313.4	386.7
Peso Capsula + suelo seco (g)	311.1	383.9
Peso del Agua (g)	2.3	2.8
Peso de la Capsula (g)	106.4	133.7
Peso del suelo seco (g)	204.7	250.2
Contenido de humedad (%)	1.1	1.1
	1.1	

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 63 se pudo observar los límites de consistencia del suelo en lo cual no hubo limite plástico ni líquido, y en la tabla 64 el contenido de humedad.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 76 y las tablas 63 y 64 se pudo observar que no llegó a tener un resultado en el límite plástico dando un N.P. igual que el límite líquido, con lo que respecta al contenido de humedad dio un resultado de 1.1%, en donde en base a la carta de plasticidad se pueden

llegar a tener alrededor de 7 tipos de suelos que van desde suelo poco cohesivo que no es adherente hasta las arcillas inorgánicas de alta plasticidad que llega ser muy adherente. En lo cual según la norma de Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.129 para el límite líquido debe tener 25% como máximo, en donde al emplear un 50% de residuo de cerámica roja no presento limite líquido, en lo que respecta al límite plástico debe tener un 4% como máximo, en lo cual este suelo de categoría de arena limosa + 50% de residuo de cerámica roja no presento limite plástico.

COMPARACIÓN DE LOS LÍMITES DE CONSISTENCIA DEL SUELO Y LAS DOSIFICACIONES

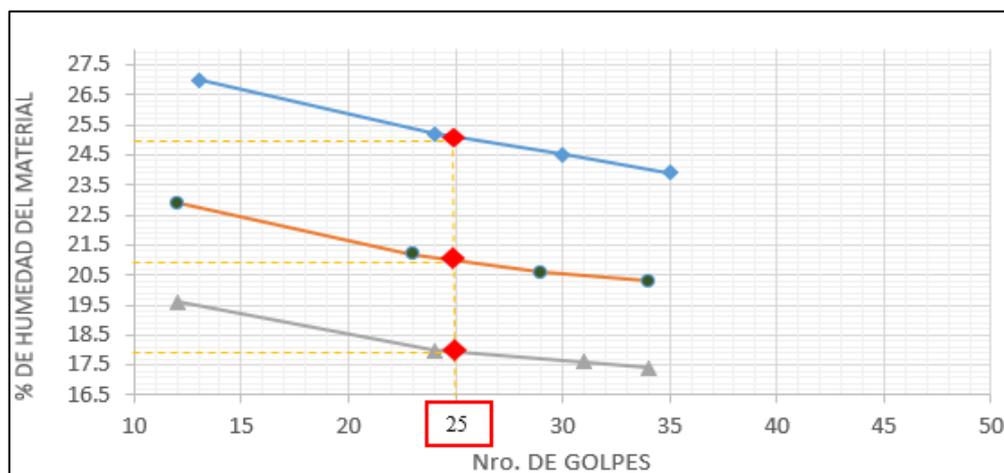


Figura 77. Comparación del límite de consistencia

Fuente: Elaboración Propia.

En la figura 77 se pudo conocer los límites de consistencia del suelo y las dosificaciones que son de 12.5%, 25% y 50% que están representados por el número de golpes en relación al contenido de humedad, en este caso no se presentó límites como se puede observar en la figura.

Tabla 65. Resultados del límite líquido a los 25 golpes.

	100% SUELO	87.5% SUELO+12.5% R.C.R	75% SUELO+25% R.C.R	50% SUELO+50% R.C.R
LIMITE LIQUIDO	25%	21%	18%	N.P

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 65 se pudo observar el porcentaje del suelo, y las dosificaciones de 12.5%, 25% y 50% a los 25 golpes con la cuchara de Casagrande.

INTERPRETACIÓN:

En la figura 77 y tabla 65 se pudo observar que no se llegó a tener un resultado en el límite plástico para el suelo ni ninguna de las dosificaciones dando un N.P. lo contrario del límite líquido que se pudo observar que al incorporar el residuo de cerámica roja disminuía el límite líquido llegando a tener en 50% r.c.r, un resultado nulo. En lo cual según la norma de Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.129 para el límite líquido debe tener 25% como máximo, llegando a cumplir en ese aspecto el suelo natural obteniendo el mayor porcentaje de límite líquido que fue 25% exacto, en lo que respecta al límite plástico debe tener un 4% como máximo, en lo cual este suelo de categoría de arena limosa al emplear el ensayo con el material natural al mezclarlo con las dosificaciones de residuo de cerámica roja no presentó límite plástico, ya que cuando se realizaba el rollo de 1/8" esta se rompía.

REAPROVECHAMIENTO DEL RESIDUO DE CERÁMICA ROJA

En lo que respecta en el aspecto ambiental fue de suma importancia ya que la investigación estuvo relacionada en el aspecto de reutilizar y la cantidad de material que se puede obtener para su uso en la reutilización, en lo cual en ese aspecto al utilizar dos puntos de recolección del material que fueron en el Callao y San Martín de Porres, se pudo observar grandes cantidades de materiales que son desechados habitualmente en donde pueden pasar semanas hasta incluso meses para que el municipio haga algo, y a veces ese material pasa desapercibido para las autoridades que los mismos vecinos tienen que pagar para que lo desechen en donde al final llegan a llevarlos a los ríos, y provocan mayor contaminación y en la actualidad que se está viendo mayormente en beneficiar al medio ambiente, por ello se llegó a ese punto en la investigación, en lo cual otros países ya optan en ver alternativas de beneficio ambiental involucrando a la ingeniería civil, en los distritos mencionados anteriormente al realizar el triturado se obtuvieron los siguientes resultados respecto al material desechado y recolectado para los ensayos.

Tabla 66. Recolección de datos del material reutilizado.

Recolección de residuos de ceramica roja obtenido			
N° de cuadro	kg material obtenido	N° de cuadro	kg material obtenido
1	3.89 kg	11	2.20 kg
2	2.72 kg	12	3.20 kg
3	4.1 kg	13	4.20 kg
4	4.2 kg	14	2.50 kg
5	4.4 kg	15	3.50 kg
6	4.6 kg	16	2.90 kg
7	3.5 kg	17	4.3 kg
8	2.11 kg	18	4.6 kg
9	4.1 kg	19	4.1 kg
10	3.99 kg	20	3.78 kg
Total: 72.69 kg			

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 67. Recolección de datos del material reutilizado.

Recolección de residuos de ceramica roja desechado			
N° de cuadro	kg material desechado	N° de cuadro	kg material desechado
1	1.2 kg	11	1.3 kg
2	1.6 kg	12	0.50 kg
3	0.2 kg	13	0.67 kg
4	0.11 kg	14	1.25 kg
5	0.3 kg	15	0.8 kg
6	0.6 kg	16	1.0 kg
7	0.7 kg	17	0.83 kg
8	0.62 kg	18	0.63 kg
9	0.6 kg	19	0.63 kg
10	0.42 kg	20	1.12 kg
Total: 15.08 kg			

Fuente: Elaboración Propia.

En la tabla 66 y 67 se pudo observar el cuadro de recolección de datos que correspondió en cada residuo recolectado por cuadro, y cuanto de material se desechó ya que estaba con concreto u otro material que no era netamente cerámica, y el otro que era la cantidad del material respecto al residuo de cerámica roja al triturarlo.

Como se pudo observar en todos los resultados anteriores hechos en laboratorio, se pudo conocer que se pueden emplear hasta el 50% del residuo de cerámica roja al mezclarlo con la otra mitad que es el suelo, de esa manera sería la mezcla viable ya que aparte de beneficiar al medio ambiente también llega a estabilizar correctamente al suelo mejorándolo de una categoría de malo o regular a bueno según el AASHTO 93, y de igual manera en la parte económica como se pudo observar en las figuras 78 y 79.

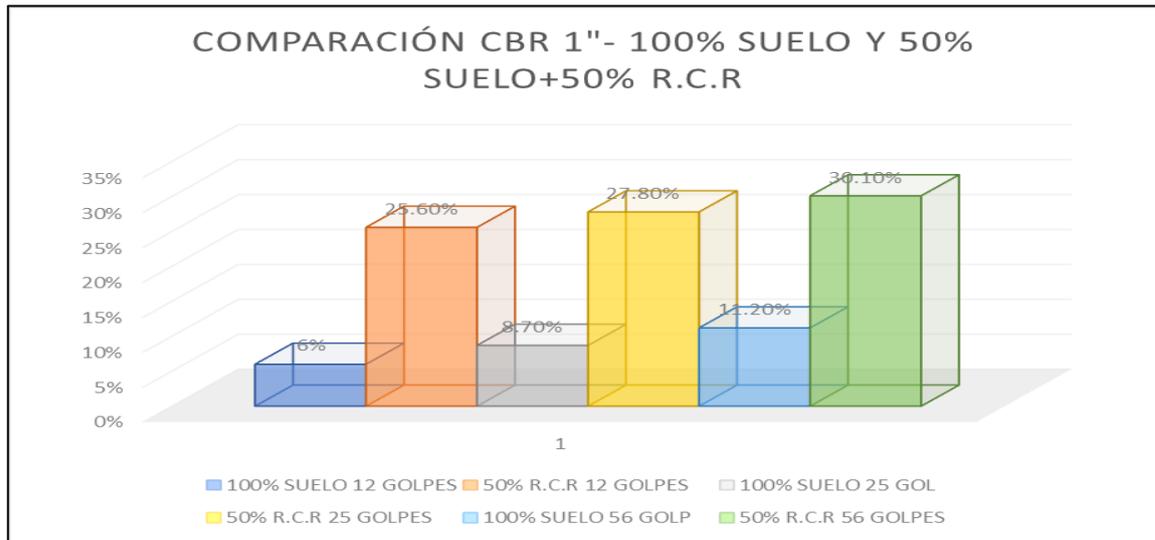


Figura 78. Comparación de CBR a 1" respecto al suelo natural y el de 50% suelo + 50% r.c.r a 12,25 y 56 gol.

Fuente: Elaboración Propia.

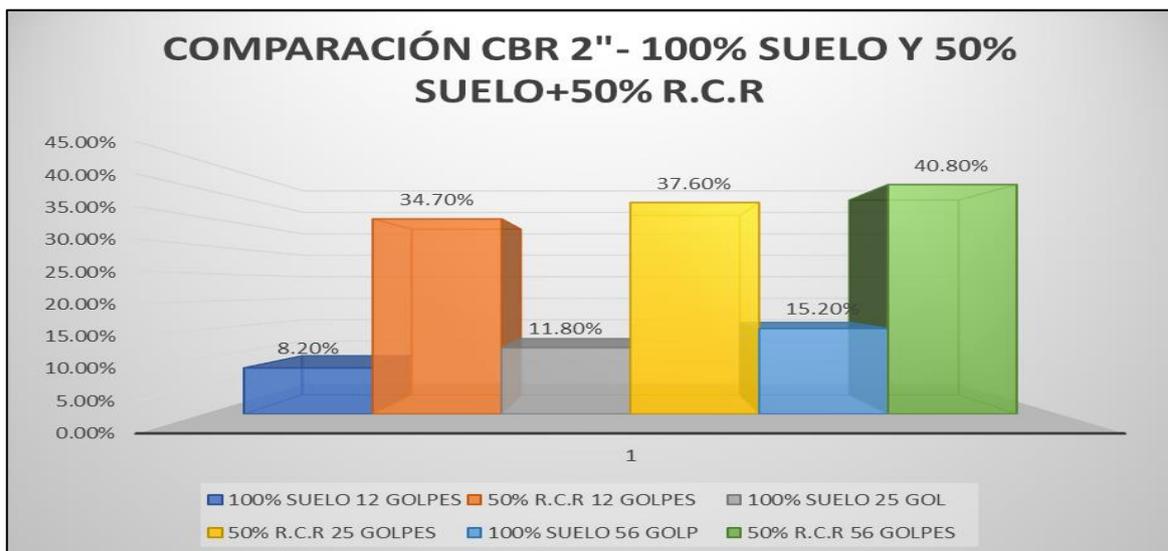


Figura 79. Comparación de CBR a 2" respecto al suelo natural y el de 50% suelo + 50% r.c.r a 12,25 y 56 gol.

Fuente: Elaboración Propia.

INTERPRETACIÓN:

En la tabla 66 y 67 se pudo observar la tabla general en la recolección del material que habían sido recolectados en los distritos de Callao y San Martín de Porres, del material en su proceso del triturado por ello se dividió en dos cuadros uno que es del material empleado para los ensayos físicos y mecánicos que fue unos 72.69 kg, y el otro cuadro que fue correspondiente al material desechado que no correspondía en el aspecto de material de cerámica roja que fue de 15.08kg, en las figuras 78 y 79, se pudo observar la estabilización al emplear el residuo de cerámica roja, comparándolo con los ensayos en el suelo natural que fue 100% suelo, en donde se pudo conocer, que el suelo solo por tener características limosa tuvo CBR bajos, dando resultados para el de 100% suelo el de 12 golpes de 6%, 25 golpes de 8.70% y en el de 56 golpes de 11.20% todo respecto a 1" de CBR llegando a mejorar con la mezcla de 50% suelo+50% r.c.r obteniendo el de 12 golpes 25.60%, 25 golpes 27.80% y 56 golpes de 30.10% en CBR, en lo cual para una penetración de 2" se obtuvo para el de suelo natural, en el de 12 golpes 8.20%, 25 golpes 11.8% y 56 golpes 15.20%, en lo cual para la mezcla de 50% suelo + 50% r.c.r, obteniendo para el de 12 golpes 34.70%, 25 golpes 37.80% y el de 56 golpes un CBR de 40.80%, con todo ello se pudo conocer que se puede reutilizar hasta a un 50% del material reciclado, en lo cual hasta ese punto se puede llegar a mejorar la capa de la subbase. En lo cual, según la norma respecto al CBR que corresponde al Ce 010 Pavimento Urbanos NTP 339.145 debe tener porcentaje de 30-40% como mínimo llegando a cumplir con esos estándares al emplear la dosificación de 50% de residuo de cerámica roja, y respecto al Método AASHTO, llegó a obtener una clasificación de bueno para su empleo en base y subbase.

3.4 CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS

En lo que respecta a esta parte de la contrastación se basó a los resultados obtenidos para poder rechazar o aceptar la hipótesis nula.

3.4.1 Contrastación de hipótesis: Propiedades mecánicas en la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Ha: Las propiedades mecánicas de la subbase del pavimento flexible mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Ho: Las propiedades mecánicas de la subbase del pavimento flexible no mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

En base a la hipótesis establecida, respecto a las propiedades mecánicas se pudo observar a través de los resultados, que el ensayo de desgaste que fue de clasificación de arena limosa se realizó con el método “D” por haber pasado por el tamiz N°4 y estar retenido en el tamiz N°8 empleando por dicho método 6 esferas en la máquina de abrasión utilizando 5000 gr como peso inicial y obteniendo un desgaste de 35% cumpliendo con la norma de Ce. Pavimento Urbanos que debe ser el desgaste menor o igual a un 50%, en lo que respectaba al ensayo de compactación con el Próctor Modificado consistió en 4 ensayos con diferentes dosificaciones llegando a conocer que mientras mayor sea la incorporación de cantidad del residuo de cerámica roja se obtenía un incremento llegando a mejorar en lo que respecta el porcentaje de densidad seca y se notaba un pequeño descenso en el contenido de humedad con lo que respecta a las dosificaciones se pudo obtener un mejor resultado en el 50% suelo + 50% r.c.r, en lo cual en base a los ensayos mecánicos que se realiza a través de la norma de manual de carreteras se pudo seleccionar el porcentaje de relación óptimo a través de su desempeño con el suelo.

Para poder conocer la relación adecuada en las propiedades mecánicas se tuvo que incorporar el residuo de cerámica roja molida, junto con el suelo para la compactación de energía modificada a 27.4 Kg-cm/cm³, en lo cual consistió en analizar los porcentajes de humedad dando un 13.4% para el 100% suelo, 12.8% con 12.5% de residuo de cerámica roja, en lo que respecto al 25% de residuo se obtuvo un 11.8% y por último el de 50% de humedad llegó tener un 10.4% con lo que se enfocó al óptimo contenido de humedad, respecto a la densidad del suelo seco máximo se presentó de la siguiente forma: 1.791 g/cm³ para 100%, 1.810 g/cm³ para 12.5%, 1.826 g/cm³ para 25% y 1.844 g/cm³ para 50%, dando a concluir que el 50% de r.c.r es el que tiene el más óptimo contenido de compactación.

Por consiguiente, se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, tanto para el ensayo de desgaste como para el ensayo de compactación, ya que en el ensayo de desgaste cumplió con todo lo que pedía la norma de Pavimento Urbanos como se pudo observar en la tabla 18 se pudo observar en las tablas 19,20,21,22,23,24,25 y 26 que especifica los ensayos de Próctor modificado de solo suelo y con cada una de las dosificaciones, en lo cual se llegó

a mejorar las propiedades mecánicas de la subbase del pavimento flexible al incorporar el residuo de cerámica roja.

3.4.2 Contrastación de hipótesis: Capacidad de soporte que produce la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Ha: La capacidad de soporte de la subbase del pavimento flexible mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Ho: La capacidad de soporte de la subbase del pavimento flexible no mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

En base a los resultados obtenidos en lo que respecta a la capacidad de soporte, se llegaron a obtener los porcentajes de CBR para el 100% suelo obteniendo un 15.2% en los otros porcentajes de dosificación se obtuvo 26% , 34.7%, en donde se presentó una mayor capacidad de soporte la relación de 50% suelo + 50% r.c.r, obteniendo 40.8%, por ende, se llegó a conocer que al incorporar el agregado de residuo de cerámica roja al suelo favoreció en aumentar la capacidad de soporte.

Partiendo de los porcentajes que se establecieron del residuo de cerámica roja, que para el porcentaje de 50% se había llegado a obtener en la cantidad de golpes de 12 un CBR menor que fue un 34.7% por ello al considerar que mientras mayor sea la compactación del suelo en el caso de 56 golpes está también aumentaba significativamente el porcentaje de CBR llegando a tener un 40.8%, conociendo que el residuo que se obtuvo se llegó a moler en pequeñas partículas para que se complemente con el suelo que se había extraído, debido que el suelo solo tenía una gran déficit por ser un suelo poco cohesivo y con mínima capacidad portante se tuvo que ver una alternativa que disminuya la contaminación como que mejore el suelo, considerando que hay un gran beneficio al pavimentar con material reciclado.

Por todo lo mencionado anteriormente, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, en lo cual consiste que al incorporar el residuo de cerámica roja mejora la capacidad de soporte en el ensayo de california bearing ratio, como se pudo visualizar en los gráficos 46 al 61 y las tablas del 27 al 38, en lo que consistió en ver cómo iba los resultados en la variación de la cantidad de golpes que fueron 12,25 y 56, conociendo que el área del pistón fue de 3 pulg².

3.4.3 Contrastación de hipótesis: Porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Ha: La dosificación de 50% residuo de cerámica roja presenta mejores resultados en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Ho: La dosificación de 50% residuo de cerámica roja no presenta mejores resultados en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Para el contraste de la hipótesis se recurrió a los resultados obtenidos al mezclar el residuo de cerámica roja con el suelo, se tuvo que realizar una comparación de los cuatro ensayos como se pudo observar en la figura 62 y tabla 29 que correspondieron al 100% suelo, 12.5% r.c.r, 25% r.c.r y 50% r.c.r, en lo que respecto a los ensayos de compactación y el CBR en base a ello conocer la mejor relación en la mezcla, en lo cual basándonos en solo los resultados más altos en la compactación se tuvo para el 100% suelo un óptimo contenido de humedad (OCH) de 13.4% y una densidad seca máxima (MDS) de 1.791 g/cm³, en lo que corresponde al 12.5% r.c.r obtuvo un óptimo contenido de humedad (OCH) de 12.8% y una densidad seca máxima (MDS) de 1.810 g/cm³, para 25% r.c.r un óptimo contenido de humedad (OCH) de 11.8% y una densidad seca máxima (MDS) de 1.826 g/cm³ y finalmente para la última dosificación se llegó a tener con el 50% r.c.r un óptimo contenido de humedad (OCH) de 10.4% y una densidad seca máxima (MDS) de 1.844 g/cm³.

En lo cual respecto al ensayo de California Bearing Ratio (CBR), llegó a tener para el 100% suelo una carga lb/pulg² y una penetración en pulg en lo cual se tuvo un porcentaje de CBR de 15.2% , en lo que corresponde al 12.5% r.c.r se obtuvo una carga lb/pulg² y una penetración en pulg en lo cual se tuvo un porcentaje de CBR de 26%, para 25% r.c.r una carga lb/pulg² y una penetración en pulg en lo cual se tuvo un porcentaje de CBR de 34.7% y finalmente para la última dosificación se llegó a tener con el 50% r.c.r una carga lb/pulg² y una penetración en pulg en lo cual se tuvo un porcentaje de CBR de 40.8%.

Para la presente hipótesis se acepta la hipótesis alterna y se rechaza la hipótesis nula, conociendo que la relación de 50% fue la que obtuvo un mejor resultado a comparación de los porcentajes de 12.5%, 25% y así mismo el de 100% suelo como se pudo observar en las figuras 63, 64 y 65 y en las tablas 39 al 46, que se pudieron conocer la variación de los porcentajes óptimos en las capas de CBR con 12, 25 y 56 golpes.

3.4.4 Contrastación de hipótesis: Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Ha: La reutilización de los residuos de cerámica roja beneficia en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Ho: La reutilización de los residuos de cerámica roja no beneficia en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Para la contrastación de la presente hipótesis se llegó a conocer en base a todos los datos recolectados con anterioridad en lo cual, realizando los ensayos en laboratorio que correspondieron a los ensayos físicos como mecánicos, se pudo confirmar que al reutilizar los residuos de cerámica roja llegó a beneficiar en la subbase del pavimento flexible, todo ello pasando por los ensayos de granulometría que correspondieron al residuo de cerámica roja molida obteniendo una clasificación de arena bien graduada con limo de diámetros cercanos a 0.075 mm, de igual forma al suelo sin haber sido alterado con algún material como se pudo observar en la figura 66 , en la tabla 47, de igual forma con las dosificaciones que se pudo ver las comparación granulométrica en la figura 72 y en la tabla 56, realizando los límites de consistencia que en este caso por ser un suelo de clasificación de arena limosa no se presentó un límite plástico pero si líquido a comparación del residuo de cerámica roja que no presento ningún límite así mismo a la dosificación de 50% suelo + 50% residuo de cerámica roja que no presento limite como se pudo observar en la figura 76 y las tablas 63 y 64, así mismo se pudo conocer los límites para las otras dosificaciones, basándonos en el aspecto mecánico se pudo confirmar a través de las anteriores dimensiones que en todo los aspectos llegó a tener una mejora significativa al suelo, tanto en la compactación como el CBR, la compactación hasta lo del ensayo de desgaste cumpliendo con la norma establecida.

Por consiguiente, se pudo llegar a rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis alterna, por todo lo mencionado anteriormente aparte que no solo se benefició a la subbase del pavimento, sino también a los costos en la construcción y en el medio ambiente a comparación de un pavimento convencional.

IV. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN 1

4.1 Propiedades mecánicas en la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Las propiedades mecánicas que correspondieron a la investigación son de compactación y el ensayo de desgaste realizado con la máquina de los ángeles, en donde con la ayuda de esos ensayos se pudo conocer a profundidad cómo actúa el suelo al incorporar el residuo de cerámica roja.

Al respecto Redivo en su tesis “Utilização de resíduo de cerâmica vermelha em misturas com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volumen de tráfico” en el año 2011 el autor empleo tres canteras distintas con porcentajes de 70% suelo + 30% ladrillo, 50% suelo + 50% ladrillo, 30% suelo + 70% ladrillo, 70% suelo+30% teja de cerámica, 50% suelo + 50% teja de cerámica y 100% suelo en lo cual para la cantera de suelo 1 llamada Jazida de Gravatal tuvo en sus resultados para las propiedades mecánicas respecto a la compactación de 100% suelo 17.5% en humedad optima y densidad máxima seca 1.441 g/cm³ dando un incremento de resultados en los porcentajes al mezclar suelo + residuo de cerámica roja, obteniendo para el porcentaje de humedad optima, 23.2%, 24%, 23%, 23% y 22.8% respectivamente con los porcentajes anteriormente mencionados y para la densidad máxima seca tuvieron como resultados 1.519 g/cm³, 1.523 g/cm³, 1.500 g/cm³, 1.556 g/cm³ y 1.561 g/cm³, referente a la máquina de los ángeles según Dias en su tesis que se titula “Avaliação de resíduos da fabricação de telhas cerâmica para seu emprego em camadas de pavimentos de baixo custo” tuvo como resultados para el ensayo de desgaste en sus tres tipos de suelos porcentajes de 51.2% para el Tipo 1 de suelo, 55.4% Tipo 2 de suelo y 64.7 % para el Tipo de suelo 3 de suelo con lo cual según la norma de Brasil, DNER-ME-35/94 pavimentación asfáltica que debe ser menor o igual a un 65%, llegando a cumplir los resultados con su norma establecida.

Con lo que respecta a los resultados obtenidos en la presente investigación para la parte de compactación con el ensayo Próctor Modificado con una energía de 27.4 kg-cm/cm³ en solo suelo se obtuvo una densidad con relación al contenido de humedad de 13.4%, teniendo en los porcentajes de 87.5% suelo + 12.5% R.C.R con un resultado de 12.8%, para el 75% suelo + 25% R.C.R dio 11.8% y para el 50% suelo + 50% R.C.R se obtuvo 10.4%, en lo cual se pudo conocer que a comparación de los autores que han sido mencionados anteriormente se

vio que al mezclar el suelo con el residuo los resultados dieron una disminución del contenido de humedad esto generalmente varia por el tipo de suelo con lo que ha sido mezclado el material ya que al mezclar con un aditivo el suelo puede ir a favor o en contra del material, con respecto a la densidad máxima seca para el 100% suelo se obtuvo 1.791 g/cm³, teniendo en los porcentajes de 87.5% suelo + 12.5% R.C.R un resultado de 1.810 g/cm³, para el 75% suelo + 25% R.C.R dio 1.826 g/cm³ y para el 50% suelo + 50% R.C.R se obtuvo 1.844 g/cm³, llegando a aumentar la máxima densidad seca al incorporar el material de residuo y para los porcentajes al ensayo de los ángeles se pudo llegar a obtener un resultado viable que fue de 35%, empleando el método D por su granulometría que pasaba por la malla N°4 y se retenía en la malla N°8 cumpliendo con la normas que fue de pavimento urbanos.

DISCUSIÓN 2

4.2 Capacidad de soporte que produce la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.

Para poder conocer la capacidad de soporte del suelo al ser mezclado con el residuo de cerámica roja en diferentes proporciones se tuvo que realizar el ensayo de CBR y en base a ello poder conocer como reaccionaria el suelo al ser incorporar un material reciclado que en este caso fue de cerámica roja.

Al respecto Fernández en su tesis “Estabilización de subrasante con material de demoliciones en Avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017”, el autor empleo la mezcla con porcentajes para la dosificación de 10%, 20% y 30% en lo cual cada residuo de construcción obtuvo una diferente proporción en el caso de la demolición de asfalto se obtuvo para cada uno de los porcentajes 62.5%, 52.40% y 56.80% de CBR respectivamente, para la demolición de concreto resultados altos como de 119.90%, 126.20% y 160.60% a comparación de la demolición de arcilla cocida que para esos porcentajes llego a obtener 71%, 56.80% y 50.50% considerando que para el 100% del suelo que fue de clasificación de suelo limoso tuvo un 71% de CBR, en lo cual se pudo llegar a observar que para la estabilización según el autor la mejor opción es el empleo de residuo de concreto, sin embargo en los tres tipos de residuos se puede hacer empleo para el uso de la subrasante conociendo que solo es necesario por la norma que sea igual o mayor a 30%.

En lo que respecta a la investigación los resultados que se obtuvieron fueron de forma contraria a los resultados obtenidos en la anterior tesis citada, esto vario por la zona de tipo de suelo o la forma que fue triturada el residuo considerando que en la tesis anterior realizaron con diámetros superiores que correspondían como agregado grueso, a comparación de esta investigación que se realizó el triturado fueron con dimensiones mayor a 0.075 mm que serían como el agregado grueso y menores a 0.075 mm que corresponderían al agregado fino, por ello la capacidad de soporte tuvo resultados favorables al incorporar más material reciclado, llegando a tener la mejor relación el 50% r.c.r obteniendo un CBR de 40.8%, considerando que el ensayo de solo suelo al tener características de arena limosa obtuvo un CBR de 15.2%, llegando ser un incremento alto al mezclarlo con el residuo de cerámica roja..

DISCUSIÓN 3

4.3 Porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Para conocer la dosificación, adecuada se tuvo que considerar la compactación de suelo al incorporar el residuo de cerámica roja, y de igual forma el ensayo de california bearing ratio en los 4 ensayos tanto para el suelo natural, y las 3 dosificaciones.

Al respecto Silva en su artículo “Uso de residuos de cerámica vermelha para o melhoramiento de camadas de pavimentos de baixo trafego em Palmas-To” en el año 2017, menciona que la mejor dosificación es de 50% suelo + 50% residuo de cerámica roja en lo cual esta investigación empleo para el 100% suelo un resultado de 1.82 g/cm³ como dosificaciones de 40% r.c.r que obtuvo 1.89 g/cm³ y 75% r.c.r 1.79 g/cm³, en donde el 50% r.c.r obtuvo la mayor compactación con 1.96 g/cm³, en lo que respecta al CBR se obtuvo en el 100% suelo un resultado de 28% con una expansión de 0.3% , con el 40% r.c.r el resultado fue de 49% CBR y una expansión de 0.22%, en lo que respecta al 75% r.c.r el CBR obtenido fue de 35% con una expansión de 0.16% en donde la mejor dosificación fue de 50% r.c.r obteniendo hasta un 63% de CBR con una expansión de 0.18%, en donde el mismo autor menciona que la mezcla de 50% cumplió con todos los requisitos para su empleo en la capa de base, empleando el agregado en cantidades suficientes para llenar los vacíos, obteniendo una mejor estabilidad y una reducción en la permeabilidad.

Al realizar los ensayos se pudo confirmar lo del anterior artículo citado anteriormente corroborando lo mencionado por el autor obteniendo una mejor relación de suelo y residuo de cerámica en la dosificación de 50% suelo + 50% r.c.r, en el cual se llegó a obtener mejores resultados empleando una tabla y gráficos comparativos en la parte de los resultados de compactación como en el CBR, conociendo que para el 100% suelo de características limosa se obtuvo en el MDS 1.791 g/cm³, OCH 13.4%, y CBR de 15.2% en las dosificaciones de 87.5% suelo + 12.5% r.c.r dio resultados de MDS 1.810 g/cm³, OCH 12.8 %, y CBR de 26%, para 75% suelo + 25% r.c.r dio resultados de MDS 1.826 g/cm³, OCH 11.8 %, y CBR de 34.7% y finalmente en el 50% suelo + 50% r.c.r dio resultados de MDS 1.844 g/cm³, OCH 10.4%, y CBR de 40.8%, por ende llegando a obtener la mejor dosificación en 50% suelo + 50% r.c.r.

DISCUSIÓN 4:

4.4 Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019.

Los efectos que produjo la reutilización de residuo de cerámica roja fueron más notorios con los resultados en el laboratorio con lo cual se obtuvo que hubo una alteración en el cambio del suelo aparte de aportar al medio ambiente con la disminución de estos residuos, y disminuir los costos a comparación de una pavimentación flexible usual.

Al respecto Da Silva en su artículo “Avaliação da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para utilização em camada de base de pavimentos rodoviaros” en el año 2018 menciona que los residuos de cerámica roja pueden ser empleados en capa de base del pavimento conociendo que existe alrededor de 159 millones a 256 millones de producción que son desechados mensualmente por las industrias cuando el material es defectuoso, por ello esa investigación busco un destino correcto del residuo realizando ensayos en el laboratorio con lo que respecta a las características físicas y mecánicas al adicionar el material de residuo considerando que el material reciclado no tendría índice de plasticidad con cantidad de la granulometría retenida en 1”, 3/8”, #4, #10, #40 y #200, presentando mejor desempeño técnico para ser empleado en la capa de pavimento, en la parte mecánica tuvo efectos que con el material de 30% R.C.R y 70% suelo tuvo un mejor resulta obteniendo en la curva de compactación quedando menor a un 80% de saturación en las características

de absorción de R.C.R por lo tanto referente a esta investigación los efectos al incorporar el residuo de cerámica roja fueron óptimos y beneficioso.

Los resultados de laboratorio que se obtuvieron fueron de un aspecto óptimos en la granulometría al mezclar el residuo de cerámica roja con el suelo, en donde se conoce que esto puede variar por el tipo de suelo que se emplee que en este caso fue de un aspecto de arena limosa con categoría de SM en SUCS en lo que no tiene mucha capacidad de carga portante en donde al mezclar con más porcentaje de residuo en lo cual el r.c.r obtuvo una clasificación de SUCS de SW-SM como arena bien graduada con lima, en donde se llegó a cumplir con los estándares de la norma CE. 010 Pavimentos Urbanos llegando a tener un porcentaje mayor igual a un 40% en lo cual, si se obtuvo, en lo que corresponde a la granulometría del suelo paso por los tamices #10, #20, #30, #40, #60, #100, #200, en lo que corresponde al residuo de cerámica roja paso por los tamices de 1/2", 3/8", 1/4", #4, #10, #20, #30, #40, #60, #100y #200, teniendo en consideración que el suelo limoso llego a actuar en favor del residuo al obtener una incrementación en los resultados de california bearing ratio con la relación de 50% suelo + 50% residuo de cerámica roja.

V. CONCLUSIONES

Se determinó el ensayo de compactación a las dosificaciones de 12.5% r.c.r, 25% r.c.r y 50% r.c.r obteniendo para cada uno diferentes resultados en la máxima densidad seca (MDS) y óptimo contenido de humedad (OCH), que llegó a ser 1.810 g/cm³ de MDS 12.8 % OCH para 12.5% r.c.r, 1.826 g/cm³ de MDS 11.8% OCH para 25% r.c.r y 1.844 g/cm³ de MDS 10.4% OCH para 50% r.c.r, en lo cual respecto a las relaciones que se utilizan en los suelos según SUCS para la densidad seca de categoría de SM (suelo limoso) debe tener valores típicos de 1.7-2.0 g/cm³, en lo cual todas las dosificaciones y el suelo natural cumplieron con ese rango llegando a aumentar la densidad seca al incorporar el residuo, para el contenido de humedad respecto al SUCS con suelos de características limosas el porcentaje debe ser de 15%, en lo cual al realizar el ensayo para el contenido de humedad el que se aproximó más a ese porcentaje fue el suelo natural con un 13.4% ya que al incorporar el residuo el contenido de humedad iba en descenso.

Se analizó el ensayo de desgaste respecto al suelo en lo cual correspondió en las propiedades mecánicas de la subbase del pavimento flexible, en donde se obtuvo en dicho ensayo un porcentaje de 35%, utilizando el método D por norma en la carga abrasiva fue para ese método 6 esferas con un peso inicial de 5000g y un peso final de 3250g en lo cual el método se debió por el material de suelo extraído que en este caso fue de categoría arena limosa en donde, se llegó a emplear el material pasante en la malla N°4 y retenida en la malla N.º 8, llegando a cumplir con la norma de CE Pavimento Urbanos NTP 400.019 que debía ser menor o igual al 50%.

Se evaluó la capacidad de soporte que produjo en la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, en donde los resultados que se obtuvieron fueron favorables en lo que respecta al 50% r.c.r ya que se obtuvo un CBR de 40.8% siendo considerado alto que a comparación de las otras dosificaciones, llegando a cumplir con la norma establecida de CE Pavimento Urbano, que debe tener un CBR mayor o igual a 40% y el Método AASHTO 93 que debe ser mayor que 30% para su empleo en la base y subbase, se conoció en los resultados que teniendo en cuenta que el suelo natural tuvo un CBR mínimo de 15.2% y al mezclarse con el residuo aumento respecto a su CBR por ende, estos resultados hubieran sido más altos al emplear un suelo de clasificación granular que tenga una mejor carga portante esto respecta a suelos con categoría grava, canto o arena que tengan clasificación de AASHTO como A1 llegando a tener una calificación de buena a excelente.

Finalmente se concluyó el porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible, mediante los porcentajes de 12.5%, 25% y 50%, en lo cual los resultados fueron favorables en la parte de la clasificación del suelo obteniendo para el residuo de cerámica roja una categoría de SW-SM siendo una arena bien graduada con limo con una calificación de excelente a bueno respecto con las normas de clasificación AASHTO y SUCS llegando a mejorar el suelo que tuvo una categoría de arena limosa con una calificación de regular a malo , en donde al mezclar con las dosificaciones mejora la categoría de AASHTO a A-2 considerando características de bueno a excelente, para el aspecto de la subbase del pavimento flexible, consistió en tener todos los resultados referentes al CBR y Próctor Modificado para poder conocer el mayor porcentaje en relación al suelo y el residuo de cerámica roja, en lo cual los resultados más favorables fueron con la dosificación de 50%, con un CBR (95% MDS) a 2.5 mm de penetración = 28%, CBR (100% MDS) a 2.5 mm de penetración = 30.1% y CBR (95% MDS) a 5.0 mm de penetración = 37.9%, CBR (100% MDS) a 5.0 mm de penetración = 40.8%, en lo cual ambos ensayos cumplieron con las normas de CE 010 Pavimento urbanos, que correspondieron al NTP 339.145 para el CBR llegando especificar que debe ser intervalos de 30-40% para su empleo en subbase, en lo que respecta a la compactación según el AASHTO T-180 debe ser mayor o igual al 95% llegando a realizarse los ensayo de esa forma cumpliendo con la norma.

VI. RECOMENDACIONES

Se sugiere que en la compactación se emplee diferentes diámetros del agregado triturado ya que en esta investigación tuvo un rango de menor, mayor e igual a 0.078mm, por ello en el momento de la compactación pudo adecuarse al suelo, llegando a emplear el método A, esto correspondía cuando el 20% o menos del material se retenía en la malla N° 4 considerando que esto varía dependiendo al material que se obtenga respecto al residuo que en este caso fue más de categoría de ladrillo macizo, en lo cual sería una alternativa que se empleen material no utilizados como las baldosas y tubos de cerámica, de esa manera poder ver su comportamiento.

Se sugiere emplear un mejor suelo de la zona para los ensayos mecánicos que correspondieron al desgaste ya que el suelo obtenido no tenía mucha cantidad de agregado grueso llegando a utilizar el método “D” luego de pasar por la granulometría correspondiente, a comparación de otros tipos de suelos, que llegan hasta incluso emplear el método A que es lo más habitual en donde el material pasa por el tamiz de 1 ½” y se retiene en el tamiz de 1”.

Se sugiere realizar el ensayo de CBR con otros porcentajes de dosificaciones de esa manera poder evaluar la capacidad de soporte y empleando otros materiales de cerámica roja, así mismo poder conocer los rangos óptimos para la incorporación del residuo que llegue a mejorar la subbase del pavimento en base a los porcentajes de la norma de Ce Pavimento Urbanos, de igual forma incorporar un aditivo para que mejore el suelo y su capacidad de soporte.

Finalmente, se sugiere emplear la misma dosificación en otros tipos de suelos más si son de clasificación A-1 categorizadas de tipo de cantos, grava y arena con una calificación excelente a bueno, de esa manera conocer cómo puede llegar a actuar el suelo respecto al CBR cuando se le añade el residuo de cerámica roja, de la misma forma conocer la estabilidad del material, teniendo en consideración que para todo material existe un límite de CBR máximo para luego descender, de igual forma mezclar con otros residuos que pueda mejorar la estabilidad del CBR como son el concreto, cal, polímeros, entre otros, así mismo que realicen más ensayos, utilizando este material con otros tipos de suelos que tengan una mejor capacidad portante, de esa manera poder complementar la investigación al conocer los efectos generales que produce la incorporación de un material adicional y más si es de un aspecto reciclado.

REFERENCIAS

ADORNO, Cleberon Dos Santos, et al. Effects of the addition of red ceramic, limestone filler and rice husk ash in alkali silica reaction. *Journal of Building Pathology and Rehabilitation*, 2018, vol. 3, no 1, p. 1.

ISSN: 2365-3167

AL-BARED, Mohammed Ali Mohammed; MARTO, Aminaton; LATIFI, Nima. Utilization of recycled tiles and tyres in stabilization of soils and production of construction materials— A state-of-the-art review. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 2018, vol. 22, no 10, p. 3860-3874.

ISSN: 1226-7988

ANDRADE, JAVIER A.; AMÉSTEGUI, MAURICIO; ROMERO, JESUS FA. Estrategia de Identificación de Características de La Señal Análoga de Vibración, a La Denominada Máquina de Los Ángeles. En *XVII Congresso Brasileiro de Automática, CBA*. 2008.

ARIAS, Fidias G. *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica. 6ta.* Fidias G. Arias Odón, 2012.

ASOCIACIÓN BRASILEIRA DE NORMAS TECNICAS. NBR 15115/2004: Agregados reciclados de residuos sólidos de construcción civil – Ejecución de capa de pavimento – Procedimientos. Rio de Janeiro-Brasil, 2004.

BASTOS, G.D.A; Cerri, J.A. Evaluación de desempeño de mortero en el asentamiento y revestimiento producidas con residuos de construcción. In: Congreso Brasileiro de Cerámica, Curitiba, 2004. 48° CBC. Sao Paulo: ABC, 2004. Ref. 19-15. 10p.1 CD-ROM.

BORJA, Manuel. Metodología de la Investigación Científica para ingenieros. Perú: Chiclayo, 2012.

BRASILEIRO, L. L.; MATOS, J. M. E. Revisão bibliográfica: reutilização de resíduos da construção e demolição na indústria da construção civil (Literature review: reuse of construction and demolition waste in the construction industry). *Cerâmica*, 2015, vol. 61, p. 178-189.

ISSN: 0366-6913

CABALAR, A. F.; HASSAN, D. I.; ABDULNAFAA, M. D. Use of waste ceramic tiles for road pavement subgrade. *Road Materials and Pavement Design*, 2017, vol. 18, no 4, p. 882-896.

ISSN: 1468-0629

CASTRO, Javier, et al. Estudio de dosificaciones en laboratorio para pavimentos porosos de hormigón. *Revista ingeniería de construcción*, 2009, vol. 24, no 3, p. 271-284.

ISSN: 0718-5073

CAVALCANTE, Reinaldo H. et al. Estudos para aproveitamento de resíduos de cerâmica vermelha de Sergipe na pavimentação rodoviária. 37ª Reunião Anual de Pavimentação, 11º Encontro Nacional de Conservação Rodoviária. Goiânia, 2006.

CENTRO de Actividad Regional para la Producción Limpia (CAR/PL). Barcelona: España, (1 de abril de 2016). [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019]. Recuperado de: www.cprac.org/docs/ceramicaestr_cast.pdf

ISSN: 0122-1700

CHEN, James A.; IDUSUYI, Felix O. Effect of Waste Ceramic Dust (WCD) on Index and Engineering Properties of Shrink-Swell Soils. *International Journal of Engineering and Modern Technology*, 2015, vol. 1, no 7, p. 1-11.

ISSN: 2504-88848

CONSTRUMATICA Meta portal de Arquitectura, Ingeniería y Construcción. [blog]. Barcelona: España, (15 de mayo de 1995). [Fecha de consulta: 10 de abril de 2019]. Recuperado de:

https://www.construmatica.com/construpedia/Proceso_de_Fabricaci%C3%B3n_de_Baldosas_Cer%C3%A1micas

DA SILVA SALES, Natássia; DE SÁ BRANDIM, Ayrton. Avaliação da mistura de chamote cerâmico com solo laterítico para utilização em camada de base de pavimentos rodoviários. Centro Universitario de Saude, Ciencias Humanas e Tecnologia do Piaui, 2018.

ISSN: 2527-1725

DIAS, J. F. Avaliação de resíduos da fabricação de telhas de cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo. 2004. 251 f. Tese (Doutorado em Engenharia Civil) – Universidade de São Paulo, São Paulo, 2004.

DRANKA, Ricardo Bazzani. *Melhoramento de solo com uso de telha cerâmica moída oriunda de resíduos de construção e demolição (RCD)*. 2016. Tesis de Licenciatura. Universidade Tecnológica Federal do Paraná.

FERNANDEZ FLORES, Neiser. Estabilización de subrasante con material de demoliciones en avenida Malecón Checa, San Juan de Lurigancho en el 2017. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 12pp.

GALÁN, Emilio; APARICIO, Patricia. Materias primas para la industria cerámica. *Seminarios de la Sociedad Española de Mineralogía*, 2006, vol. 2, p. 31-49.

GARCÍA, Nelson Afanador; GÓMEZ, Gustavo Guerrero; SEPÚLVEDA, Richard Monroy. Propiedades físicas y mecánicas de ladrillos macizos cerámicos para mampostería. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 2012, vol. 22, no 1, p. 3.

ISSN: 0124-8170

GARNICA ANGUAS, Paul, et al. Caracterización geomecánica de mezclas asfálticas. *Publicación técnica*, 2005, no 267.

ISSN: 0188-7297

ISRAEL MACCARI, Redivo. Utilização de residuo de cerâmica vermelha em mistura com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volumen de tráfego. Florianópolis: Universidad Federal De Santa Catarina-UFSC,2011.

Disponibile en:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/95740/296880.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HEDRICK, T. E., Bickman, L. y Rog D. J. (1993) *Applied research design. A practical guide* Newbury Park, CA: Sage.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación [en línea]. 6ta ed. México: Interamericana Editores, 2014.

ISBN: 9781456223960

Disponible en:

<https://metodologiaecs.wordpress.com/2016/01/31/librometodologia-de-la-investigacion-6ta-edicion-sampieri-pdf/>

HERNÁNDEZ SAMPIERI, Roberto; FERNÁNDEZ COLLADO, Carlos; BAPTISTA LUCIO, Pilar. Selección de la muestra. *S. Hernández (Compilador). Metodología de la investigación*, 2010, p. 299-341.

HUAHUASONCCO, Huisa; WASHINTONG, Elard. Manejo de los residuos de la Construcción y Demoliciones para su reciclado y empleo en Construcciones de vías de la Ciudad de Juliaca. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Juliaca: Universidad Andina “Néstor Cáceres Velásquez”, 2015.

HUAMAN PONCE, Yessica Lucero. Laboratorio Pavimentos. Huancayo: Perú, 2015 [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019].

Disponible en

<https://es.slideshare.net/YessicaLuceroHuamanPonce/laboratorio-pavimentos-contenido-de-humedadlimitesgranulometria>.

HURTADO FLORES, Jessica Viviana. Determinación del módulo de rotura en vigas de hormigón, fabricado con materiales procedentes de la Cantera Ramírez, para $f_c = 21$ MPa. 2014.

JOAO FERNANDO, Dias. Avaliação de residuos da fabricação de telhas cerâmicas para seu emprego em camadas de pavimento de baixo custo. Tesis (Doctorado en Ingeniería Civil). São Paulo: Escuela Politécnica de Universidad de São Paulo, 2004.

Disponible en:

<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3146/tde-16122004-130717/en.php>

MUNIANDY, Ratnasamy; ISMAIL, Dhieyatul Husna; HASSIM, Salihudin. Performance of recycled ceramic waste as aggregates in hot mix asphalt (HMA). *Journal of Material Cycles and Waste Management*, 2018, vol. 20, no 2, p. 844-849.

ISSN: 1611-8227

PYE, Kenneth; BLOTT, Simon J. Particle size analysis of sediments, soils and related particulate materials for forensic purposes using laser granulometry. *Forensic Science International*, 2004, vol. 144, no 1, p. 19-27.

ISSN: 0379-0738

REDIVO MACCARI, Israel. Utilização de residuo de cerâmica vermelha em mistura com solo para construção de camadas de pavimentos com baixo volumen de tráfico. Florianopolis: Universidad Federal De Santa Catarina-UFSC,2011.

Disponible en:

<https://repositorio.ufsc.br/xmlui/bitstream/handle/123456789/95740/296880.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones (Perú). Norma CE.010 Pavimentos Urbanos. Lima, 2010. 30 pp.

ROMÁN RODAS, Edwin. Análisis del Comportamiento de los Materiales Reciclados de Escombros para Subbase en Pavimentos Flexibles en la Av. Nazca, SJL, Lima. Tesis (Título de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2017. 10 pp.

OLIVERA (1994), Pavimentos Flexibles. México [Fecha de consulta: 14 de abril de 2019].

Disponible en

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lic/sanchez_r_se/capitulo2.pdf

ORTEGA MALDONADO, Antonio. Trabajo 7 Pavimento Flexible. [blog]. México, (12 de febrero de 2015). [Fecha de consulta: 9 de abril de 2019].

Recuperado de:

<http://www.construaprende.com/docs/trabajos/310-pavimentos-flexibles>

SALAZAR, Jaime; GARCÍA, Carlos Daniel; OLAYA, Julio Mario. Dosificación de hormigones ligeros con cascarilla de café. *Ingeniería E Investigación*, 1984, no 8, p. 51-56.

ISSN: 0120-5609

SANTANA, Fagner Ismael Teixeira de, et al. Estudos sobre misturas de agregados reciclados de resíduos da construção civil com solos para utilização em pavimentos. 2014.

SANTOS, Elaine Souza dos. Avaliação da influência dos britadores de mandíbula e de impacto nas propriedades de agregados reciclados para aplicação em bases e sub-bases de pavimentos. 2016.

SILVA, João Paulo Souza; CARVALHO, Silas Barbosa. USO DE RESÍDUOS DE CERÂMICA VERMELHA PARA O MELHORAMENTO DE CAMADAS DE PAVIMENTOS DE BAIXO TRÁFEGO EM PALMAS-TO. *Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais*, 2017, vol. 5, no 1, p. 41-52.

ISSN:2317-563X

SILVA MANTILLA, Jhon Albert. Influencia de la adición de residuos plásticos en el comportamiento mecánico de una mezcla asfáltica en caliente en la ciudad de Chiclayo 2018. Tesis (Título profesional de Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad Privada del Norte, 2018. 7 pp.

SIVAPULLAIAH, Puvvadi V.; SRIDHARAN, Asuri. Liquid limit of soil mixtures. *Geotechnical Testing Journal*, 1985, vol. 8, no 3, p. 111-116.

ISSN: 0149-6115

SMITH, R. B.; PRATT, D. N. A field study of in situ California bearing ratio and dynamic cone penetrometer testing for road subgrade investigations. *Australian Road Research*, 1983, vol. 13, no 4.

ISSN: 0005-0164

SOUZA, Gian Melo de. *Estudo de misturas de solo com agregado reciclado para emprego em camadas de base de pavimentos urbanos de baixo volume de tráfego*. 2017. Tesis de Licenciatura. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

SOUZA, Marcus Vinícius Ribeiro. Comportamento mecânico de um agregado reciclado como base de pavimento flexível a partir de um modelo físico, Tesis (Título de Doctorado de ingeniería civil y ambiental). Brasilia: Universidad de Brasilia, 2015.

WOOD, D. Muir; WROTH, Charles Peter. The use of the cone penetrometer to determine the plastic limit of soils. *Ground Engineering*, 1978, vol. 11, no 3.

ISSN: 0017-4653

ZAGHLOUL, Sameh M.; WHITE, Thomas. Use of a three-dimensional, dynamic finite element program for analysis of flexible pavement. *Transportation research record*, 1993, no 1388.

ISSN: 0361-1981

ANEXOS

ANEXO 1 CUADRO DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 68: Cuadro de operacionalización de variables

Variables	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Metodología de Investigación
Variable Independiente					
Residuos de ceramica roja	Según Asociación brasilera de ceramica (2006) menciona que: La ceramica roja de una manera general se relaciona en la categoria de los materiales con características inorganicas que se obtienen luego de un tratamiento termico en temperatura altas, en donde comprende los materiales con color rojizo como son los ladrillos, bloques, tejas, entre otros, que son utilizados en ingeniería civil.	Los residuos de ceramica roja como los ladrillos, tejas, bloques, tubos de ceramica entre otros se reemplazaran en la capa de la subbase del pavimento.	Caracterización Física	Granulometria	Metodo: Metodo Cientifico por lo que fue vista a una problemática y de esa manera generar resultados en base a las preguntas que se han planteado.
				Limite Liquido	
				Limite Plastico	
			Dosificación	12.5%	Enfoque: Sera de forma cuantitativa y a que la investigación se baso en el empleo de resultados en base a numeros y estudios.
25%					
50%					
Variable Dependiente					
Subbase del pavimento flexible	Según Becerra (2012, p.5) señala que: El pavimento flexible se le considera cuando el pavimento emplea una capa de cemento asfaltico, en donde su función es de transmitir el peso de los vehiculos que existe en la via a la carpeta de rodadura y subbase en donde el asfalto no tiene la función de absorber el peso de los vehiculos, por ello el pavimento flexible necesita de una mayor cantidad de capas.	Al pasar por el proceso de reemplazar los residuos de ceramica roja en la subbase del pavimento flexible se realizaran diversos ensayos en donde se sometera ensayos para las propiedades fisicas y luego la resistencia.	Propiedades Mecanicas	Compactación	Tipo de Investigación: Es de forma aplicada y a que tiene como funcion en dar soluciones precisas a problemas en especifico.
				Desgaste	
			Capacidad de Soporte	% CBR	Diseño de la Investigación: Sera de manera cuasi-experimental al demostrar la relacion de dos variable.

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 2 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 69: *Matriz de consistencia de la investigación.*

Problemas	Objetivos	Hipotesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	
Problema General	Objetivos General	Hipotesis General	Variable Independiente				
¿Cuáles fueron los efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019?	Identificar los efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible , Lima-2019.	La reutilización de los residuos de cerámica roja beneficia en la subbase del pavimento flexible , Lima-2019	Residuos de cerámica roja	Caracterización Física	Granulometría	Ficha Tecnica	
					Limite Liquido	Ficha Tecnica	
					Limite Plastico	Ficha Tecnica	
Problemas Especificos	Objetivos Especificos	Hipotesis Especificos		Variable Dependiente	Dosificación	12.5%	Ficha de recolección datos
						25%	
						50%	
¿Cómo afecto a las propiedades mecanicas de la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019?	Analizar las propiedades mecanicas en la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja , Lima-2019.	Las propiedades mecanicas de la subbase del pavimento flexible mejora al incorporar residuos de cerámica roja , Lima-2019.					
¿Cuál fue la capacidad de soporte que produjo la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja-Lima 2019?	Evaluar la capacidad de soporte que produce la subbase del pavimento flexible al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.	La capacidad de soporte de la subbase del pavimento flexible mejora al incorporar residuos de cerámica roja, Lima-2019.	Subbase del pavimento flexible	Propiedades Mecamicas	Compactación	Ficha Tecnica	
					Desgaste	Ficha Tecnica	
¿Cuál fue el porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible , Lima-2019?	Determinar el porcentaje de dosificación correcta del residuo de cerámica roja para la subbase del pavimento flexible , Lima-2019.	La dosificación de 50% residuo de cerámica roja presenta mejores resultado en la subbase del pavimento flexible , Lima-2019.			Capacidad de Soporte	% CBR	Ficha Tecnica

Fuente: Elaboración Propia.

ANEXO 3: VALIDACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS

TÍTULO: "EFECTOS DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA EN LA SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, LIMA -2019"

Autor: Reyes Mejía, Daffne Ximena

Fecha: / /

A. Datos generales:

Ubicación geográfica

Provincia / Distrito:

.....

Datos de laboratorio de suelos:

Razón social:

.....

Dirección:

.....

B. Variable Independiente: Residuos de Cerámica Roja

Dimensión: Dosificación



↑

• CUADRO GENERAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

RESIDUO DE CERAMICA ROJA	ENSAYOS A REALIZAR		
	%CBR	COMPACTACIÓN	DESGASTE
SOLO SUELO			
12.5% R.C.R			
25% R.C.R			
50% R.C.R			



• CUADRO INDIVIDUAL DE RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN POR CADA ENSAYO.

- Ensayo de compactación en cada porcentaje de dosificación.

Ensayo:

- Ensayo de Compactación Proctor Estándar.

ENSAYO	DOSIFICACIÓN		
	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
COMPACTACIÓN			

- Ensayo de % CBR en cada porcentaje de dosificación.

Ensayo:

- California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California.

ENSAYO	DOSIFICACIÓN		
	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
%CBR			

- Ensayo de desgaste en cada porcentaje de dosificación.

- Ensayo: Maquina de los Ángeles

ENSAYO	% DEL RESULTADO
DESGASTE	

- Límite de Consistencia

SUELO	
LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	

RESIDUO DE CERAMICA ROJA	
LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	



DATOS GENERALES DEL INGENIERO/A	
NOMBRE Y APELLIDOS:	Jose Luis Benites Zuñiga
DNI/REGISTRO CIP:	126769
FIRMA	

RANGO DE EVALUACIÓN:	LEYENDA DE EVALUACIÓN
	0 = NO VALIDO
	1 = VALIDO

PUNTAJE DE EVALUACIÓN DEL EXPERTO:	1
------------------------------------	---



ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS

TÍTULO: "EFECTOS DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA EN LA SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, LIMA -2019"

Autor: Reyes Mejía, Daffne Ximena

Fecha: / /

A. Datos generales:

Ubicación geográfica

Provincia / Distrito:

.....

Datos de laboratorio de suelos:

Razón social:

.....

Dirección:

.....

B. Variable Independiente: Residuos de Cerámica Roja

Dimensión: Dosificación



• CUADRO GENERAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

RESIDUO DE CERAMICA ROJA	ENSAYOS A REALIZAR		
	%CBR	COMPACTACIÓN	DESGASTE
SOLO SUELO			
12.5% R.C.R			
25% R.C.R			
50% R.C.R			



• CUADRO INDIVIDUAL DE RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN POR CADA ENSAYO.

- Ensayo de compactación en cada porcentaje de dosificación.

Ensayo:

- Ensayo de Compactación Proctor Estándar.

ENSAYO	DOSIFICACIÓN		
	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
COMPACTACIÓN			

- Ensayo de % CBR en cada porcentaje de dosificación.

Ensayo:

- California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California.

ENSAYO	DOSIFICACIÓN		
	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
%CBR			

- Ensayo de desgaste en cada porcentaje de dosificación.

- Ensayo: Maquina de los Ángeles

ENSAYO	% DEL RESULTADO
DESGASTE	

- Límite de Consistencia

SUELO	
LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	

RESIDUO DE CERAMICA ROJA	
LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	



DATOS GENERALES DEL INGENIERO/A	
NOMBRE Y APELLIDOS:	Felix Dalgado Ramirez
DNI/REGISTRO CIP:	22264222 / 40609
FIRMA	

RANGO DE EVALUACIÓN:	LEYENDA DE EVALUACIÓN
	0 = NO VALIDO
	1 = VALIDO

PUNTAJE DE EVALUACIÓN DEL EXPERTO:	1
------------------------------------	---



ANEXO 3: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: FICHA DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN Y DATOS

TÍTULO: "EFECTOS DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA EN LA SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, LIMA -2019"

Autor: Reyes Mejía, Daffne Ximena

Fecha: / /

A. Datos generales:

Ubicación geográfica

Provincia / Distrito:

.....

Datos de laboratorio de suelos:

Razón social:

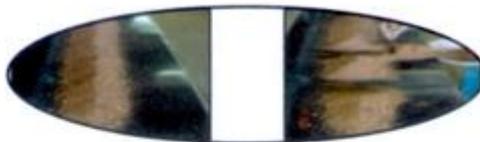
.....

Dirección:

.....

B. Variable Independiente: Residuos de Cerámica Roja

Dimensión: Dosificación



• CUADRO GENERAL DE RECOLECCIÓN DE DATOS.

RESIDUO DE CERAMICA ROJA	ENSAYOS A REALIZAR		
	%CBR	COMPACTACIÓN	DESGASTE
SOLO SUELO			
12.5% R.C.R			
25% R.C.R			
50% R.C.R			



• CUADRO INDIVIDUAL DE RESULTADOS DE DOSIFICACIÓN POR CADA ENSAYO.

- Ensayo de compactación en cada porcentaje de dosificación.

Ensayo:

- Ensayo de Compactación Proctor Estándar.

ENSAYO	DOSIFICACIÓN		
	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
COMPACTACIÓN			

- Ensayo de % CBR en cada porcentaje de dosificación.

Ensayo:

- California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California.

ENSAYO	DOSIFICACIÓN		
	12.5% R.C.R	25% R.C.R	50% R.C.R
%CBR			

- Ensayo de desgaste en cada porcentaje de dosificación.

- Ensayo: Maquina de los Ángeles

ENSAYO	% DEL RESULTADO
DESGASTE	

- Límite de Consistencia

SUELO	
LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	

RESIDUO DE CERAMICA ROJA	
LIMITE LIQUIDO:	
LIMITE PLASTICO:	



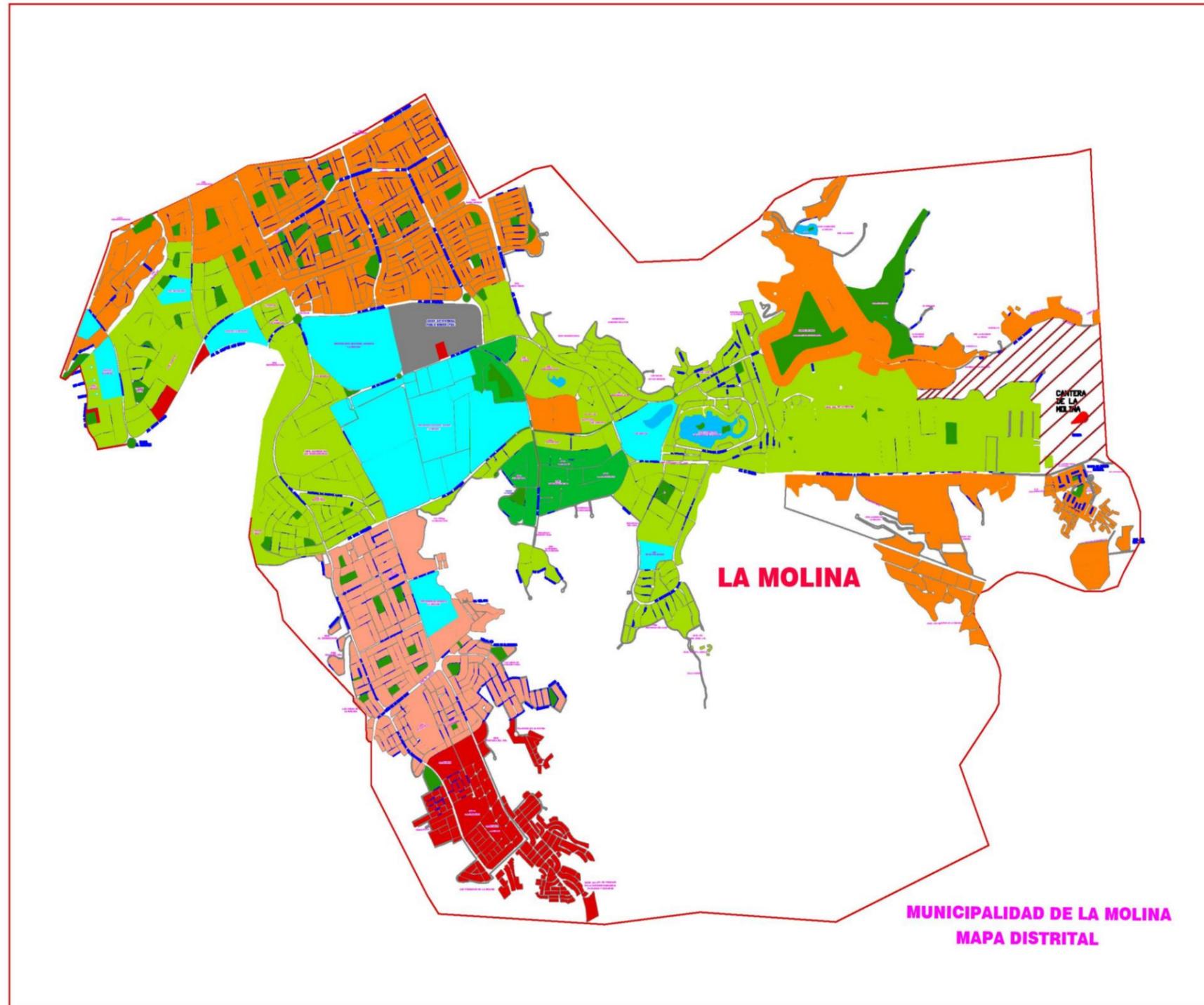
DATOS GENERALES DEL INGENIERO/A	
NOMBRE Y APELLIDOS:	SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN
DNI/REGISTRO CIP:	51630
FIRMA	

SANTOS RICARDO PADILLA PICHÉN
INGENIERO CIVIL
CIP 51630

RANGO DE EVALUACIÓN:	LEYENDA DE EVALUACIÓN
	0 = NO VALIDO
	1 = VALIDO

PUNTAJE DE EVALUACIÓN DEL EXPERTO:	1
---------------------------------------	---

ANEXO 4: RECOLECCIÓN DE LOS DATOS DE LA ZONA DE ESTUDIO



LEYENDA

- LÍMITE DE LOTE
- LÍMITE DE MANZANA CATASTRAL
- UNIVERSIDADES, INSTITUTOS Y COLEGIOS
- CANTERA DE LA MOLINA
- LAGUNA
- LÍMITE DE DISTRITAL
- LÍMITE RURAL O DE EXPANSION

SECTOR: LIMA			PROVINCIA: LIMA			REGION: LIMA		
NOMBRE DEL MAPA: MAPA BASE								
LUGAR: DISTRITO DE LA MOLINA								N°:
PROYECCION/DATUM: SISTEMA DE PROYECCION: UTM HEMISFERIO: SUR - ZONA 18						ESCALA: 1/1000		01

Figura 80. Plano de ubicación de la cantera de musa en el distrito de La Molina-Vista total del distrito

Fuente: BIBLIOCAD

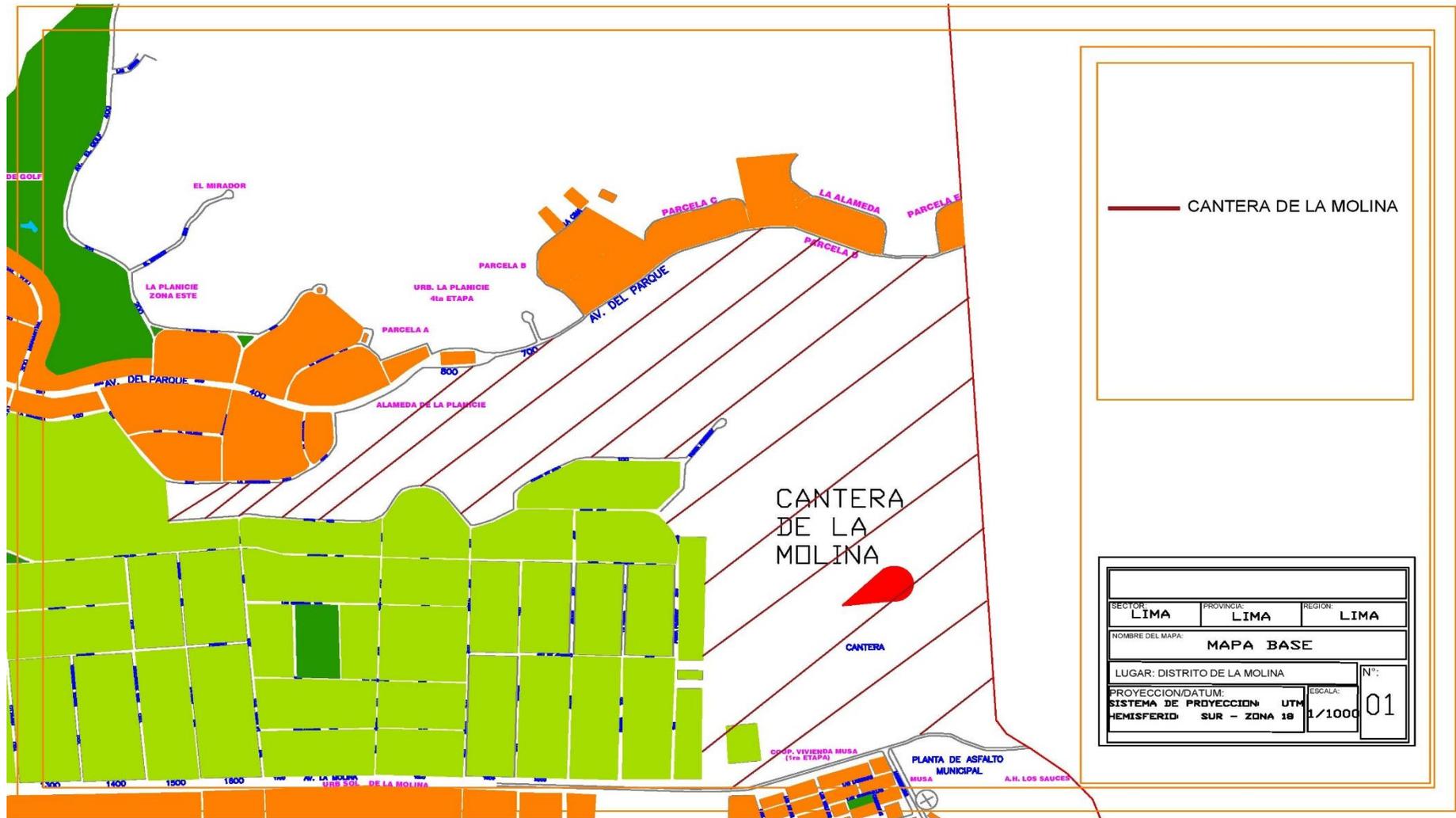


Figura 81. Plano de ubicación de la cantera de musa en el distrito de La Molina-Vista de cerca de la cantera con la que se empleara material para la subbase

Fuente: BIBLIOCAD



Figura 82. Vista Satelital del lugar donde se extrajo el suelo limoso de la Cantera de la Molina en Musa a través de Google Earth con coordenadas de 12°05'00'' al Sur y 76°53'17'' al Oeste.

Fuente: Google Earth



Figura 83. Vista al entrar a la cantera de la Molina en Musa

Fuente: Foto Propia



Figura 84. Vista lateral de la cantera de la Molina en Musa

Fuente: Foto Propia



Figura 85. Vista de los lados de la cantera en donde se sacó el suelo

Fuente: Foto Propia



Figura 86. Vista de los lados de la cantera en donde se sacó el suelo

Fuente: Foto Propia



Figura 87. Vista de frente de la cantera en donde se sacó el material.

Fuente: Foto Propia



Figura 88. Vista desde adentro de la cantera en donde se sacó el suelo

Fuente: Foto Propia



Figura 89. Suelo de la cantera que se obtuvo que es de una clasificación limosa.

Fuente: Foto Propia



Figura 90. Extracción del suelo para los ensayos en laboratorio.

Fuente: Foto Propia

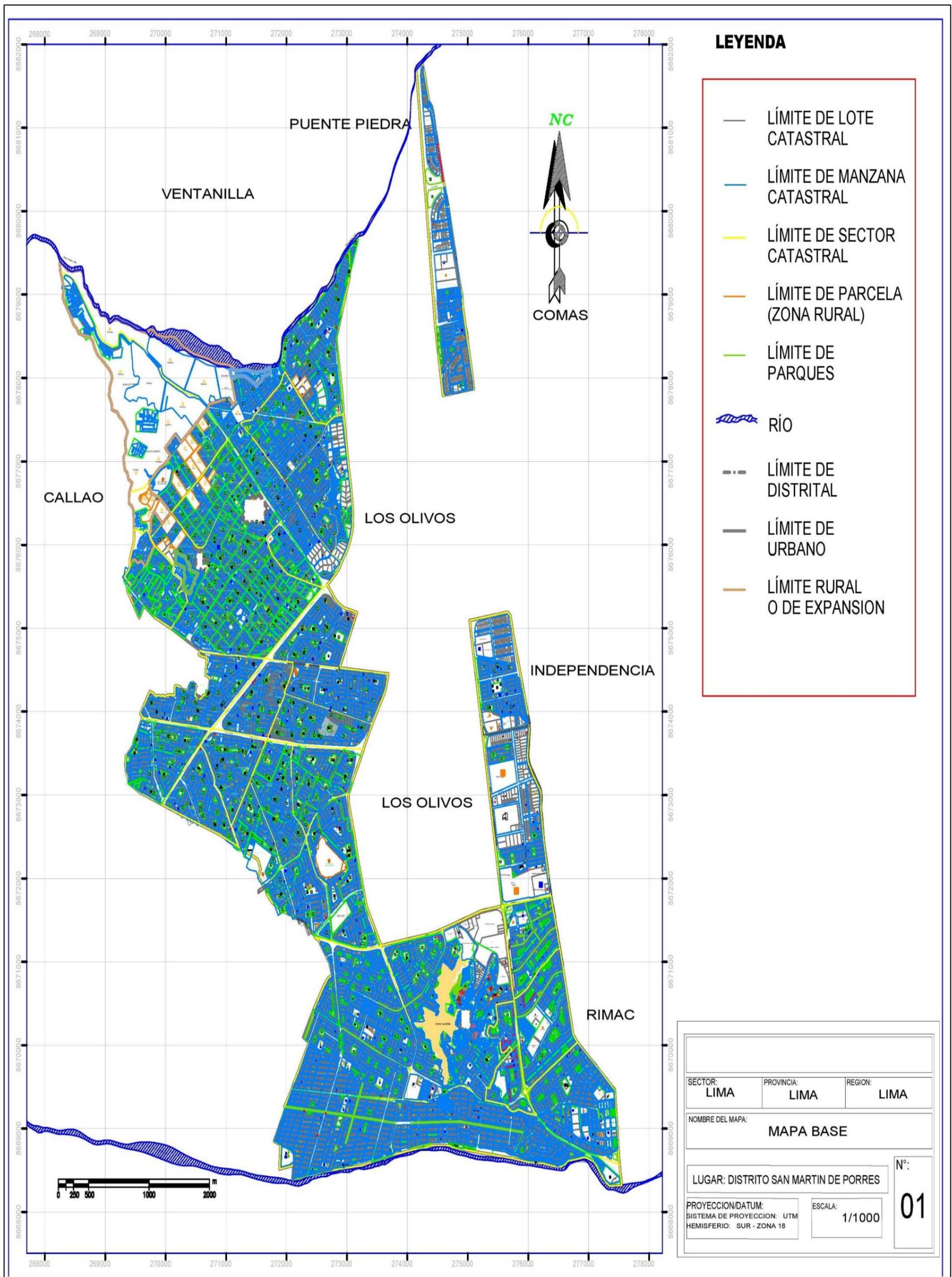
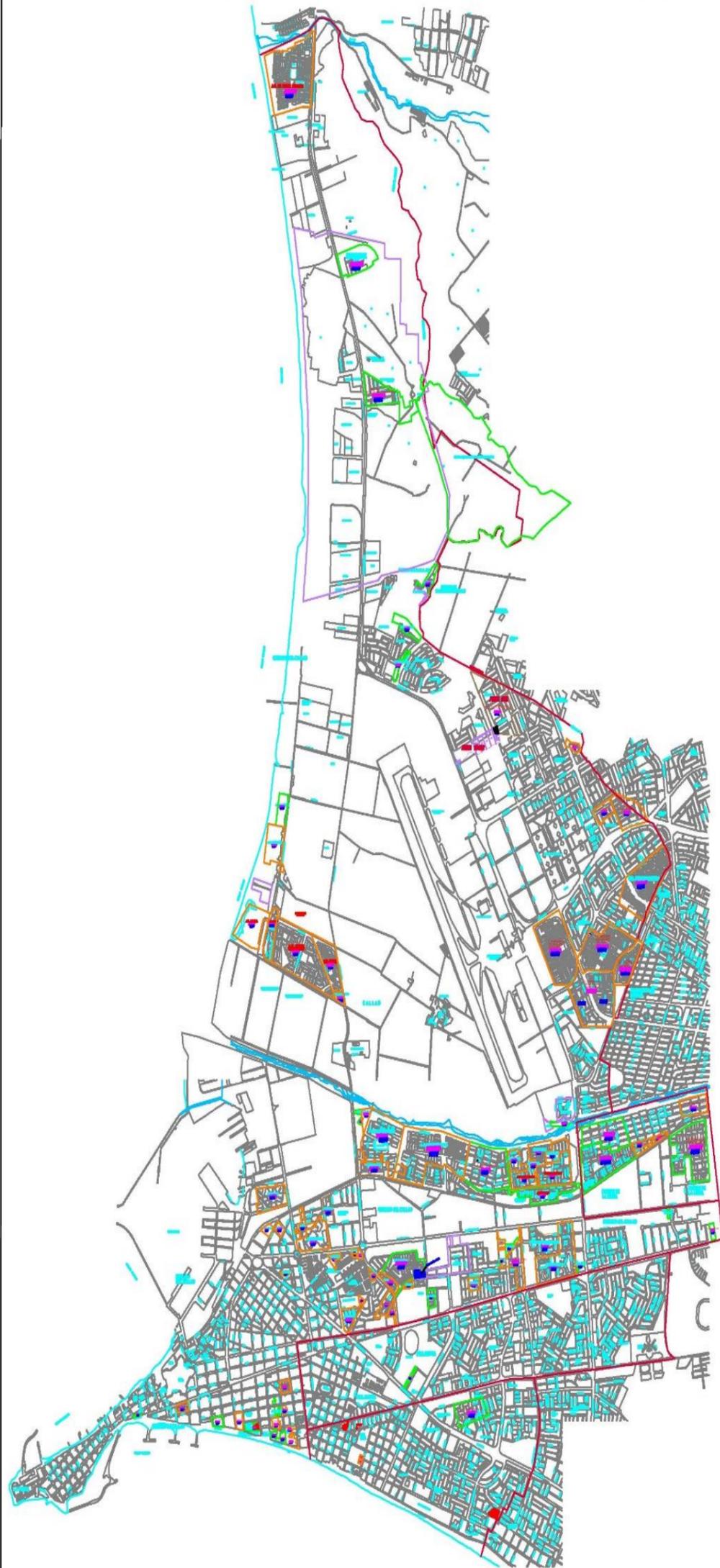


Figura 91. Plano de ubicación de los residuos de cerámica roja en el distrito de San Martín de Porres -Vista total del distrito.

Fuente: Municipalidad de San Martín de Porres

PROVINCIA CONSTITUCIONAL DEL CALLAO



LEYENDA

PLANOS REGISTRADOS



LIMITE DISTRITAL



FUENTE: IGN ESCALA 1/10000

SECTOR:			PROVINCIA:			REGION:		
CALLAO			CALLAO			CALLAO		
NOMBRE DEL MAPA:								
MAPA BASE								
LUGAR: DISTRITO DEL CALLAO								Nº:
PROYECCION/DATUM:						ESCALA:		01
SISTEMA DE PROYECCION: UTM						1/1000		
HEMISFERIO: SUR								

Figura 93. Plano de ubicación de los residuos de cerámica roja en el distrito del Callao -Vista total del distrito

Fuente: BIBLIOCAD

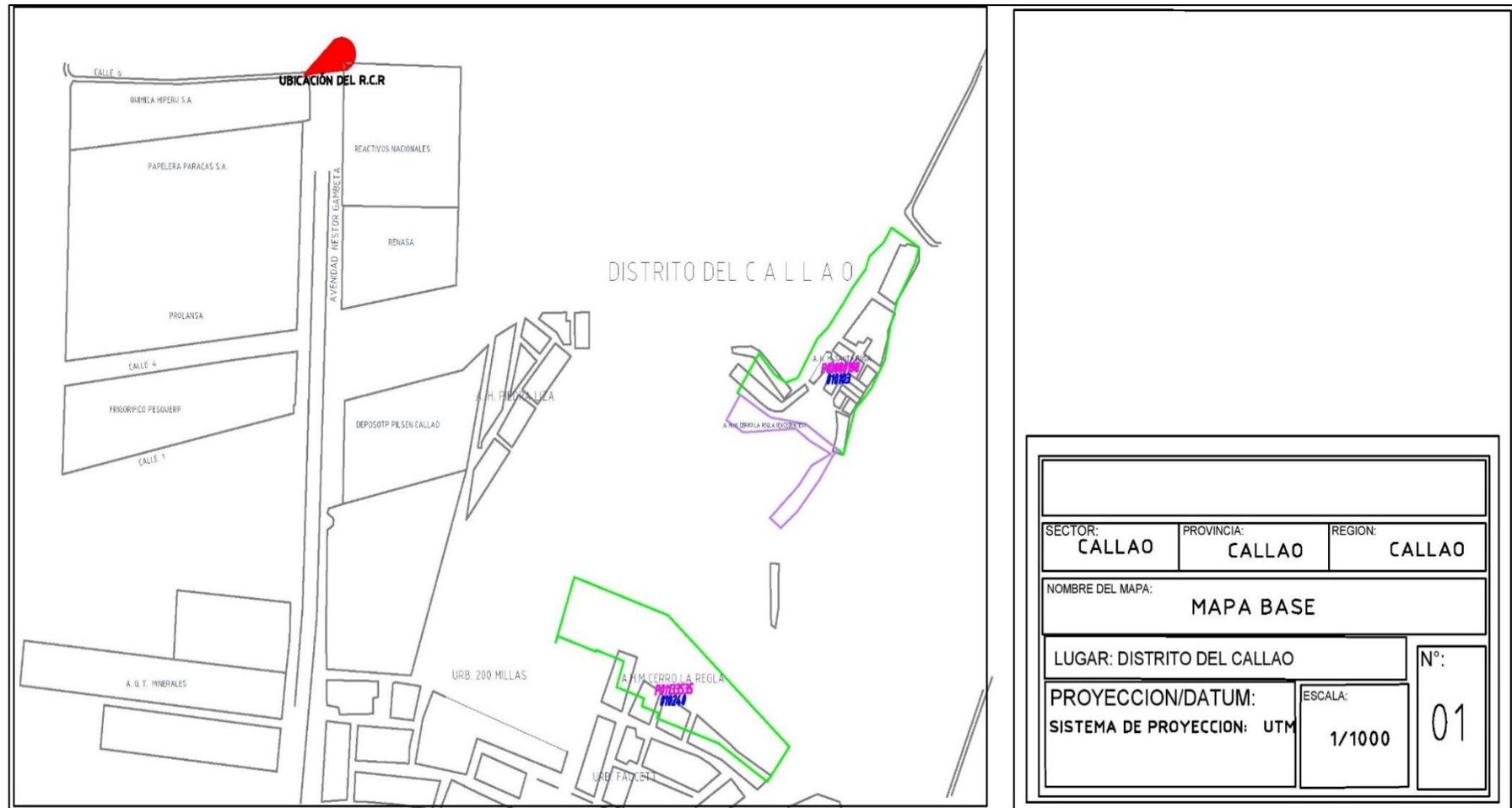


Figura 94. Plano de ubicación del residuo de cerámica roja en el distrito del Callao -Vista de cerca de la ubicación del r.c.r, ubicado en la calle 6 con intercepción de la Av. Acapulco en dirección de la Av. Néstor Gambetta Callao

Fuente: BIBLIOCAD



Figura 95. Residuos de Cerámica Roja obtenidas del distrito del Callao ubicación que se mencionó anteriormente.

Fuente: Foto Propia



Figura 96. Vista del material donde se encontró diversos materiales junto con concreto.

Fuente: Foto Propia



Figura 97. Residuos de Cerámica Roja del distrito de San Martín de Porres lugar mencionado con anterioridad.

Fuente: Foto Propia



Figura 98. Colocación del residuo en la movilidad para ser llevados a triturar para que pase a los ensayos de laboratorio.

Fuente: Foto Propia



Figura 99. Llenado de agua en la tina de plástico en donde se colocó el residuo.

Fuente: Foto Propia



Figura 100. Material de residuo de cerámica roja con concreto.

Fuente: Foto Propia



Figura 101. Ladrillo King Kong macizo obtenido de residuo.

Fuente: Foto Propia



Figura 102. Luego de que el residuo ha sido pasado por el agua facilitara en el proceso de ser triturado.

Fuente: Foto Propia



Figura 103. Material de concreto que fue desechado como los materiales de residuo fueron más ladrillo macizo se tuvo poco concreto.

Fuente: Foto Propia



Figura 104. Material que se obtuvo del residuo de cerámica roja después de ser triturado.

Fuente: Foto Propia

ANEXO 5: RECOLECCIÓN DE DATOS DE LOS RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA:

CUADRO 1		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
3.89 kg	1.2 kg	

CUADRO 2		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
2.72 kg	1.6 kg	

CUADRO 3		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
4.1 kg	0.2 kg	

CUADRO 4		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
4.2 kg	0.11 kg	

CUADRO 5		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
4.4 kg	0.3 kg	

CUADRO 6		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
4.6 kg	0.6 kg	

CUADRO 7		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
3.5 kg	0.7 kg	

CUADRO 8		
Residuo de Ceramica Roja		
kg material obtenido	kg material desechado	
2.11 kg	0.62 kg	

CUADRO 9		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
4.1 kg	0.6 kg	

CUADRO 10		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
3.99 kg	0.42 kg	

CUADRO 11		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
2.20 kg	1.3 kg	

CUADRO 12		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
3.20 kg	0.50 kg	

CUADRO 13		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
4.20 kg	0.67 kg	

CUADRO 14		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
2.50 kg	1.23 kg	

CUADRO 15		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
3.30 kg	0.8 kg	

CUADRO 16		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
2.90 kg	1.0 kg	

CUADRO 17		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
4.3 kg	0.83 kg	

CUADRO 18		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	kg material desechado	
4.6 kg	0.63 kg	

CUADRO 19		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	Kg material desechado	
4.1 kg	0.65 kg	

CUADRO 20		
Residuo de Ceramica Roja		
Kg material obtenido	Kg material desechado	
3.78 kg	1.12 kg	

TOTAL DE MATERIAL OBTENIDO
72.69 kg

TOTAL DE MATERIAL DESECHADO
15.08 kg

ANEXO 6: FOTOS DE LOS ENSAYOS EN LABORATORIO

Para los ensayos físicos que correspondieron a las granulometrías y límites de consistencia se necesitó alrededor de 10 kg del suelo de la cantera de la molina y 10kg de residuo de cerámica roja empleando los instrumento de:



Figura 105. Tamices empleados para la granulometría.

Fuente: Foto Propia



Figura 106. Copa de Casagrande para el ensayo de limite líquido.

Fuente: Foto Propia



Figura 107. Placa de vidrio para el ensayo de limite plástico.

Fuente: Foto Propia



Figura 108. Muestra del material empleado para los ensayos

Fuente: Foto Propia

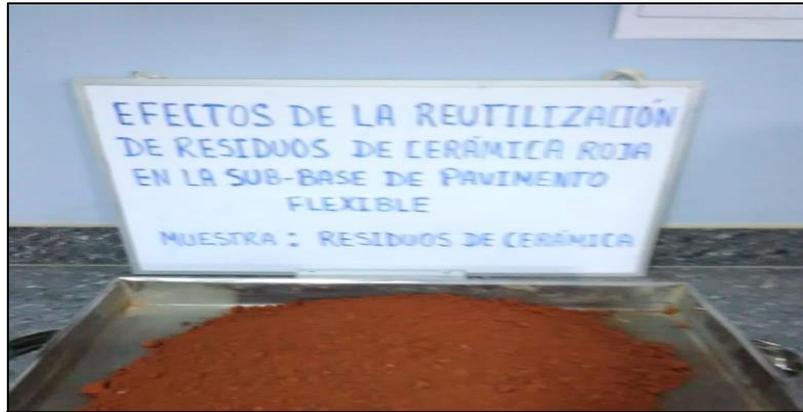


Figura 109. Material de residuo de cerámica roja empleado en los ensayos.

Fuente: Foto Propia



Figura 110. Reconocimiento del material después de salir del horno durante 24h.

Fuente: Foto Propia



Figura 111. Se inició a realizar el ensayo de granulometría.

Fuente: Foto Propia



Figura 112. Ensayo de limite líquido con los materiales llevado al lab. dando un total de 25 golpes con la copa de Casagrande.

Fuente: Foto Propia

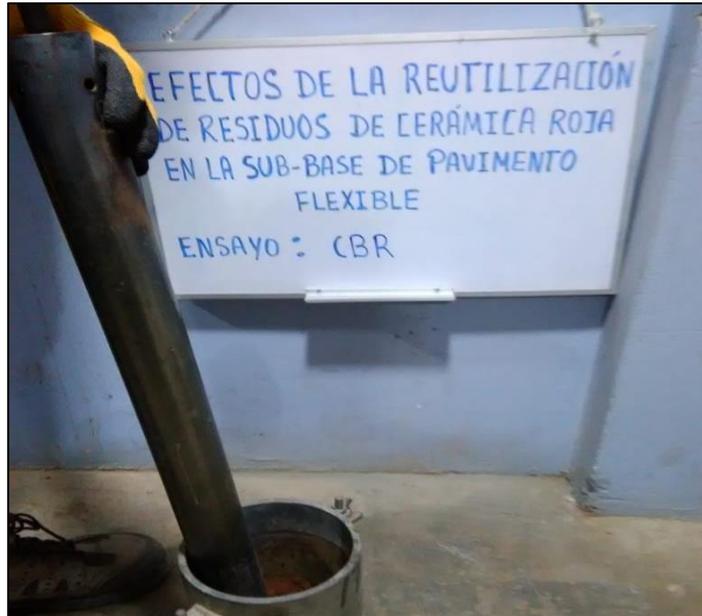


Figura 113. Ensayo de compactación con el Próctor modificado Método A, 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.

Fuente: Foto Propia



Figura 114. Ensayo de compactación con el Próctor modificado Método A, 87.5% suelo + 12.5% R.C.R.

Fuente: Foto Propia

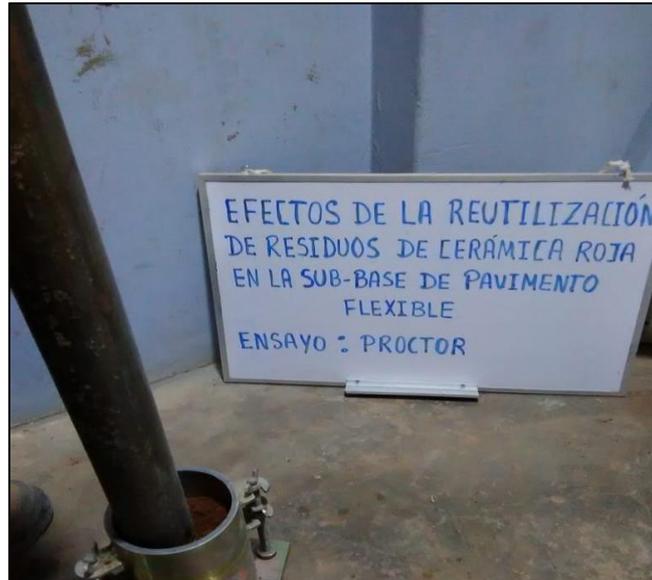


Figura 115. Ensayo de compactación con el Próctor modificado Método A, 75% suelo + 25% R.C.R.

Fuente: Foto Propia



Figura 116. Ensayo de compactación con el Próctor modificado Método A, 50% suelo + 50% R.C.R.

Fuente: Foto Propia



Figura 117. Ensayo de compactación con el Próctor modificado Método A, 50% suelo + 50% R.C.R.

Fuente: Foto Propia



Figura 118. Equipo de CBR empleó para conocer los datos y la penetración por pulgadas.

Fuente: Foto Propia



Figura 119. Recolección de los datos por los encargados del lab al haber pasado los 4 días para conocer su expansión, y obtener su curva de CBR correspondiente.

Fuente: Foto Propia



Figura 120. Máquina de los Ángeles que se empleó para el método D con 6 esferas.

Fuente: Foto Propia

ANEXO 7: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO- 100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE N° : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

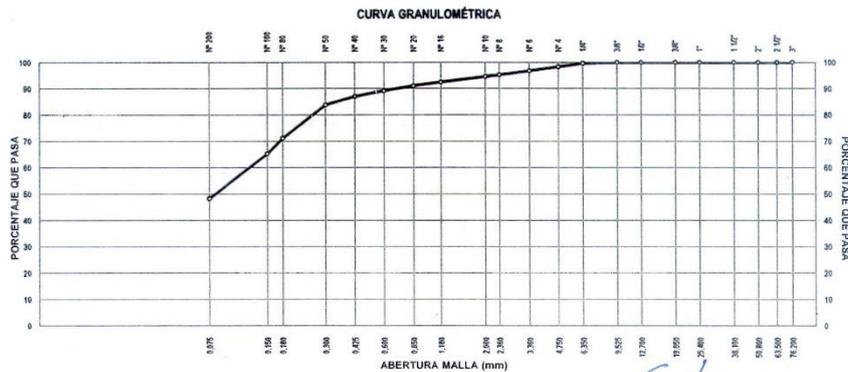
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 204 ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
SERIE AMERICANA	MALLAS	RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			100.0
1/4"	6.350	0.4	0.4	99.6
N° 4	4.750	1.3	1.7	98.3
N° 6	3.360	1.5	3.2	96.8
N° 8	2.360	1.5	4.7	95.3
N° 10	2.000	0.7	5.4	94.6
N° 16	1.180	2.1	7.5	92.5
N° 20	0.850	1.4	8.9	91.1
N° 30	0.600	1.9	10.8	89.2
N° 40	0.425	2.2	13.0	87.0
N° 50	0.300	3.2	16.2	83.8
N° 60	0.250	12.7	29.9	70.1
N° 100	0.150	5.9	34.8	65.2
N° 200	0.075	17.0	51.8	48.2
- N° 200	ASTM D 1140-00	48.2	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"	
Grava (Ret. N°4)	: 1.7 %
Arena	: 50.1 %
Fino (Pas. N°200)	: 48.2 %
ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg"	
Límite Líquido (LL)	: 25 %
Límite Plástico (LP)	: NP
Índice Plástico (IP)	: NP
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)	
A-4(3)	
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)	
SM	
ARENA LIMOSA	
ASTM D 2216, "Contenido de humedad"	
Cont. de humedad	: 1.5 %
OBSERVACIONES:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al agregado global natural.	



Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
 C.R.P.: 67846

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.



Malla de 3": Código - TDM001

Malla de 2 1/2": Código - TDM002

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 8: CONTENIDO DE HUMEDAD- 100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : -

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 215 **MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO**

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	20	245
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	328.9	356.1
Peso cápsula + suelo seco (g)	325.3	352.9
Peso del Agua (g)	3.6	3.2
Peso de la cápsula (g)	86.1	141.2
Peso del suelo seco (g)	239.2	211.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.50	1.50
1.5		

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Horno: Código - HRN001

Horno: Código - HRN002

Balanza: Código - BP2005



RTB
 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 9 LÍMITE DE CONSISTENCIA-100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

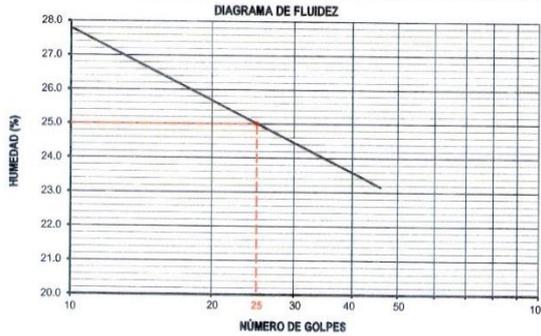
EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 110, MTC E 111 **DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS, DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N° 40)**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	290	232	306	173	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	30.69	31.57	32.56	28.24	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	27.75	28.86	29.59	25.63	--	--
Peso del Agua (g)	2.94	2.71	2.97	2.61	--	--
Peso de la cápsula (g)	16.85	18.09	17.47	14.72	--	--
Peso del suelo seco (g)	10.9	10.77	12.12	10.91	--	--
Contenido de humedad (%)	27.0	25.2	24.5	23.9	--	--
Número de golpes	13	24	30	35		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LIQUIDO (%)	25.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
COMENTARIOS:	
- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.	
- Ensayo realizado mediante el "METODO DE MULTIPUNTO".	
OBSERVACION:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.	

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Copa Casa Grande : Código -CCGM

Balanza : Código -BP2005



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 10: ENSAYO DE DESGASTE-100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafine Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE N° : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA : --
 IDENTIFICACIÓN : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 207 ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 MM (1 1/2")

ENSAYO DE ABRASION	
DESCRIPCION	CALCULO
Tipo de muestra	GRAVA
Gradación usada	D
No. de esferas	6
No. de revoluciones	500
Peso muestra inicial	5000
Peso muestra final	3250
Pérdida	1750
Desgaste	35.0

TABLA: GRADACIÓN, CARGA ABRASIVA Y REVOLUCIONES							
TAMAÑOS				MASA Y GRANULOMETRIA DE LA MUESTRA			
PASANTE		RETENIDO		A	B	C	D
mm	in	mm	in				
38,1	1 1/2	25,4	1	1250 ± 25	--	--	--
25,4	1	19,0	3/4	1250 ± 25	--	--	--
19,0	3/4	12,7	3/8	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--
12,7	3/8	9,5	1 1/2	1250 ± 10	2500 ± 10	--	--
9,5	1 1/4	4,8	No 4	--	--	2500 ± 10	--
4,8	No 4	2,4	No 8	--	--	2500 ± 10	5000 ± 10
PESOS TOTALES				5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10
NÚMERO DE ESFERAS				12	11	8	6
NÚMERO DE REVOLUCIONES				500	500	500	500

COMENTARIOS:
 -Se empleo el Tamiz N° 12 para obtener el peso de la pérdida.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado grueso natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec: J.F.R.
 Rev: R.T.B.



Máquina Los Angeles: Código -MAGZ

Malla N°12: Código - TM032

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67840

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 11: ENSAYO DE COMPACTACIÓN- 100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg. aprox.

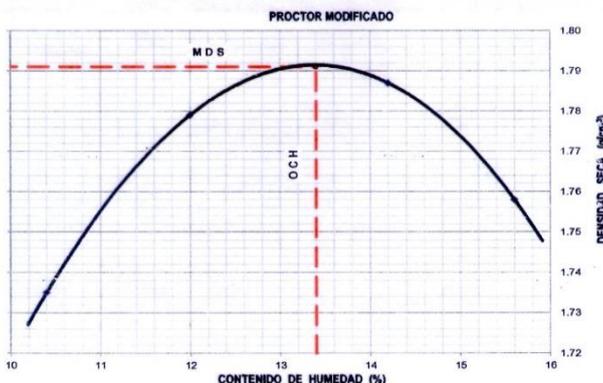
ASTM D 1557 MTC E 115 PROCTOR MODIFICADO

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1		E-2		E-3		E-4	
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3644.0		3718.0		3764.0		3755.0	
2	Peso del Molde	gr	1825.0		1825.0		1825.0		1825.0	
3	Peso Suelo Humedo	gr	1819.0		1893.0		1939.0		1930.0	
4	Volumen del Molde	cm ³	950.0		950.0		950.0		950.0	
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.915		1.993		2.041		2.032	
6	Tarro N°	-	492	554	68	152	154	374	562	211
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	281.0	286.1	302.5	303.4	289.6	286.1	280.3	280.6
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	254.6	259.3	270.2	270.8	253.5	250.8	242.8	242.3
9	Peso del Tarro	gr	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
10	Peso del Agua	gr	26.4	26.8	32.3	32.6	36.1	35.3	37.5	38.3
11	Peso Suelo Seco	gr	254.6	259.3	270.2	270.8	253.5	250.8	242.8	242.3
12	Contenido de Humedad	%	10.4	10.3	12.0	12.0	14.2	14.1	15.4	15.8
13	Promedio de Humedad	%	10.4		12.0		14.2		15.6	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.735		1.779		1.767		1.768	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pistón :	45.7 cm
Peso del Pistón	4.5 Kg
Volumen del Molde	950 gr/cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ²
Número de Golpes / Capa	25

GRADACION DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"		
2"		100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	1.7	98.3
<N°4	98.3	

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.791
OCH	13.4 %



DATO: - M.D.S. = Máxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 04 de marzo del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 12: RESUMEN DEL ENSAYO DE CBR-100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : Jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

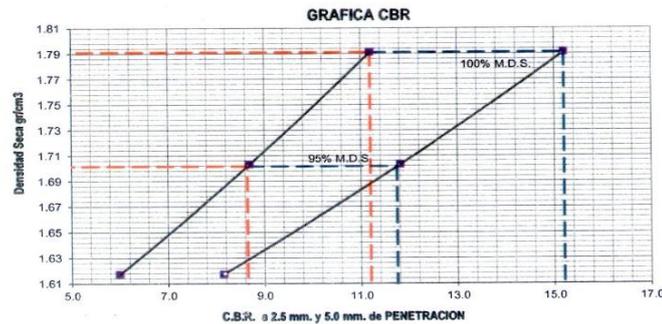
REFERENCIA DE LA MUESTRA :
 IDENTIFICACIÓN : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : --
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR :
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

**ASTM D 1883
MTC E 132** **CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)**

CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	SM	Horas	Lec. Pulg	Expansion	Lec. Pulg	Expansion	Lec. Pulg	Expansion
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-4(3)	00:00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.003	0.066	0.009	0.192	0.012	0.263
Pasante Tamiz N°4	98.3%	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	1.791	48:00:00	0.005	0.131	0.018	0.383	0.024	0.526
Limite Liquido (%)	25.0	Optimo contenido humedad (%)	13.4	72:00:00	0.009	0.197	0.026	0.575	0.036	0.788
Indice Plastico (%)	NP	Expansion (%)	0.26	96:00:00	0.012	0.263	0.035	0.766	0.048	1.051

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	11.2	15.2
95%	8.7	11.8



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 13: ENSAYO DE CBR 12,25 Y 56 GOLPES-100% SUELO



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : Jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

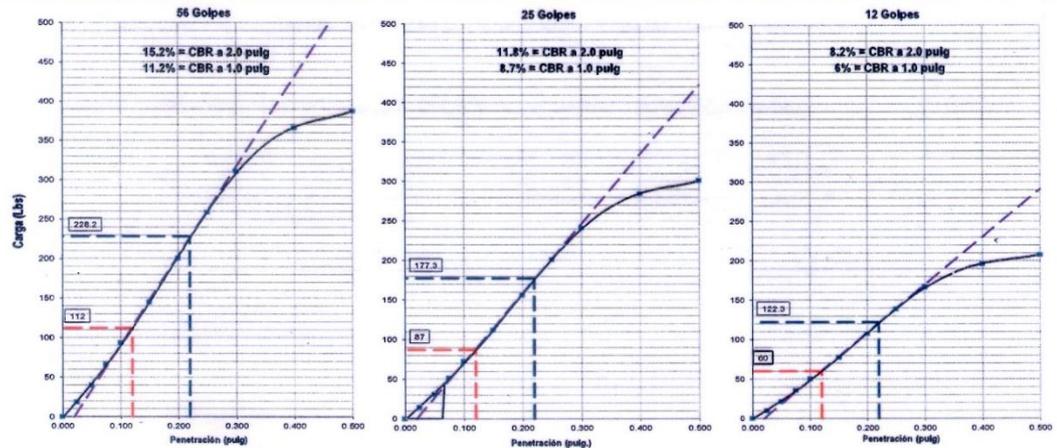
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Arena limosa
 DESCRIPCIÓN : --
 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polipropileno.
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-28		M-45		M-40		Molde Nº	M-28		M-45		M-40	
Condición de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb
Nº Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)		0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso Molde + Suelo Humedo	11303	11402	11114	11254	10903	11078	0.025	55.7	18.6	43.3	14.4	29.8	9.9
Peso del Molde	4278	4377	4078.9	4218.9	3867.2	4042.2	0.050	119.5	39.8	92.8	30.9	64.0	21.3
Peso del Suelo Humedo	7025	7025	7035.1	7035.1	7035.8	7035.8	0.075	199.1	66.4	154.7	51.6	106.7	35.6
Volumen del Molde	2104	2104	2109.2	2109.2	2105.7	2105.7	0.100	280.4	93.5	217.8	72.6	150.2	50.1
Densidad Humeda	2.033	2.080	1.934	2.000	1.837	1.920	0.150	433.5	144.5	336.8	112.3	232.2	77.4
Densidad Seca	1.791	1.791	1.703	1.703	1.617	1.617	0.200	602.0	200.7	467.6	155.9	322.5	107.5
Tarro Nº	346	295	99	48	332	23	0.250	776.4	258.8	603.1	201.0	415.9	138.6
Tarro + Suelo Humedo	478.7	388.4	419.0	397.8	463.1	465.3	0.300	931.6	310.5	723.7	241.2	499.1	166.4
Tarro + Suelo Seco	106.8	64	85.1	83.6	121.1	107.8	0.400	1098.0	366.0	852.9	284.3	588.2	196.1
Peso del Tarro	13.5	16.2	13.5	17.4	13.5	18.7	0.500	1162.9	387.6	903.3	301.1	623.0	207.7
Contenido de Humedad													



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67546

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima
 Web: www.peruinfinito.pe



LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 14: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO- 100% R.C.R



Universidad Nacional
Federico Villarreal

Facultad de Ingeniería Civil



"Año de la lucha contra la corrupción y la impunidad"

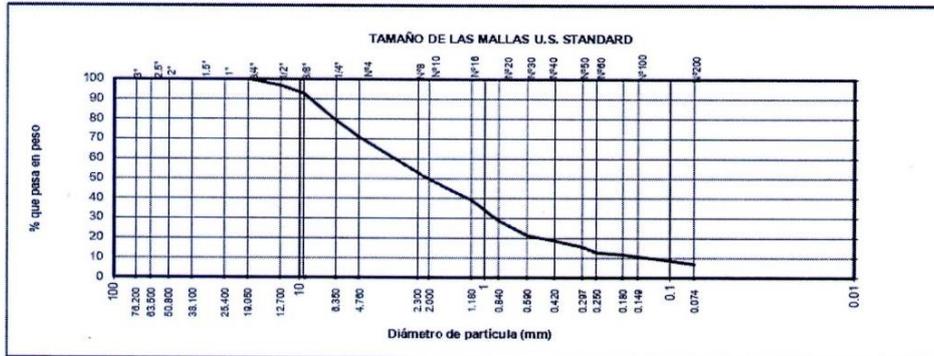
LABORATORIO DE PAVIMENTOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D 422

INFORME: 002 - EXP. 033 - LMS 2019
 PROYECTO: EFECTOS DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA EN LA SUB-BASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE, LIMA 2019
 SOLICITANTE: REYES MEJÍA DAFFNE XIMENA
 FECHA: 02 DE OCTUBRE DEL 2019

Calicata: _____	Muestra: _____	Prof. : _____	m	Progresiva: _____		
Dímetros (mm)	TAMICES ASTM	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Descripción de la Muestra
76.2	3"	0.0	0.0	0.0	100.0	CLASIFICACION DE SUELOS: AASHTO = A-1-a (1) SUCS = SW-SM
63.5	2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
50.8	2"	0.0	0.0	0.0	100.0	COEFICIENTES: Cc = 2.74 Cu = 16.03
38.1	1 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0	
25.4	1"	0.0	0.0	0.0	100.0	LIMITES ATTEMBERG: LL= N.P. LP= N.P.
19	3/4"	0.0	0.0	0.0	100.0	
12.7	1/2"	16.3	3.2	3.2	96.8	IP= N.P. % H.N = 1.21
9.525	3/8"	20.4	4.0	7.2	92.8	
6.35	1/4"	69.3	13.6	20.8	79.2	Observaciones: - Arena bien graduada con limo.
4.76	Nº 4	42.6	8.4	29.2	70.8	
2.3	Nº 8					
2	Nº 10	108.6	21.3	50.5	49.5	
1.18	Nº 16					
0.84	Nº 20	105.6	20.7	71.2	28.8	
0.59	Nº 30	37.7	7.4	78.6	21.4	
0.42	Nº 40	14.5	2.8	81.4	18.6	
0.297	Nº 50					
0.25	Nº 60	29.6	5.8	87.2	12.8	
0.18	Nº 80					
0.149	Nº 100	10.1	2.0	89.2	10.8	
0.074	Nº 200	19.7	3.9	93.1	6.9	
	< Nº 200	35.2	6.9	100.0	0.0	
	Peso Inicial	509.6	100.0			

CURVA GRANULOMÉTRICA



NOTA - LAS MUESTRAS FUERON TRAIDAS POR EL SOLICITANTE A ESTE LABORATORIO

OPERADOR: TEC. FREDY VILLANUEVA OSORIO

ING. MANUEL CRUZ CHUYES
RESPONSABLE
LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS

Jr. Diego de Agüero 206 (Ex Yungay) N°206-Magdalena del Mar-Lima
 Central -Teléfono 7480888- anexo 9719 – 9727 Teléfono Fax 2638046 - UNFV.
 Correo institucional: dpbs.fic@unfv.edu.pe

ANEXO 15: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO- 87.5% SUELO + 12.5% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE N° : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

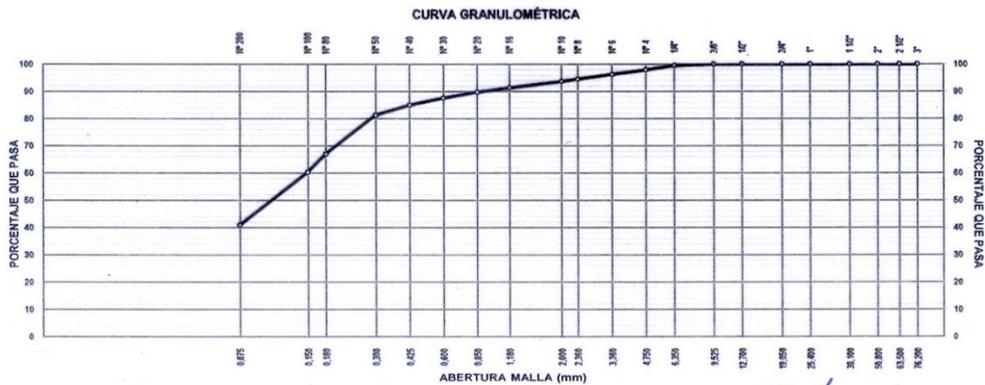
REFERENCIA DE LA MUESTRA :
 IDENTIFICACION : Arena limosa + 12.5% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 204 ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			100.0
1/4"	6.350	0.5	0.5	99.5
N° 4	4.750	1.6	2.1	97.9
N° 6	3.360	1.7	3.8	96.2
N° 8	2.360	1.7	5.5	94.5
N° 10	2.000	0.8	6.3	93.7
N° 16	1.180	2.4	8.7	91.3
N° 20	0.850	1.6	10.3	89.7
N° 30	0.600	2.2	12.5	87.5
N° 40	0.425	2.5	15.0	85.0
N° 50	0.300	3.7	18.7	81.3
N° 60	0.180	14.4	33.1	66.9
N° 100	0.150	6.7	39.8	60.2
N° 200	0.075	19.3	59.1	40.9
- N° 200	ASTM D 1140:00	40.9	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"	
Grava (Ret. N°4)	: 2.1 %
Arena	: 57.0 %
Fino (Pas. N°200)	: 40.9 %
ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg"	
Límite Líquido (L.L)	: 21 %
Límite Plástico (L.P)	: NP
Índice Plástico (I.P)	: NP
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)	
A-4(1)	
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)	
SM	
ARENA LIMOSA	
ASTM D 2216, "Contenido de humedad"	
Cont. de humedad	: 1.4 %
OBSERVACIONES:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al agregado global natural.	



Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Malla de 3": Código - TDM001

Malla de 2 1/2": Código - TDM002



Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 16: CONTENIDO DE HUMEDAD- 87.5% SUELO + 12.5% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Arena limosa + 12.5% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : -

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 215 MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	300	245
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	359.0	342.4
Peso cápsula + suelo seco (g)	354.6	338.9
Peso del Agua (g)	4.4	3.5
Peso de la cápsula (g)	63.6	68.6
Peso del suelo seco (g)	291.0	270.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.50	1.30
	1.4	

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R
 Rev.: R.T.B.

Horno: Código - HRN001

Horno: Código - HRN002

Balanza: Código - BP2005



CB
 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 17: LÍMITE DE CONSISTENCIA-87.5% SUELO+12.5% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

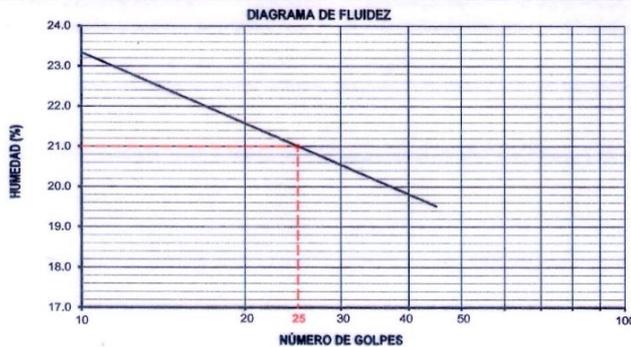
EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Arena limosa + 12.5% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : -

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 110, MTC E 111 **DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS, DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N°40)**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	308	283	118	248	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	34.55	29.72	30.01	29.4	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	31.48	27.42	27.92	27.13	--	--
Peso del Agua (g)	3.07	2.3	2.09	2.27	--	--
Peso de la cápsula (g)	18.07	16.56	17.78	15.93	--	--
Peso del suelo seco (g)	13.41	10.86	10.14	11.2	--	--
Contenido de humedad (%)	22.9	21.2	20.6	20.3	--	--
Número de golpes	12	23	29	34		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	21.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP
COMENTARIOS:	
- Ensayo realizado al material pasando la malla N°40.	
- Ensayo realizado mediante el "MÉTODO DE MULTIPUNTO".	
OBSERVACION:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.	

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R
 Rev.: R.T.B.

Copa Casa Grande : Código -CCGM

Balanza: Código -BP2005



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 18: ENSAYO DE COMPACTACIÓN-87.5%SUELO+12.5% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 DIRECCIÓN : -- FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible UBICACIÓN : --

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 12.5% de Ceramica PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno
 DESCRIPCIÓN : - CANTIDAD : 50 kg. aprox.

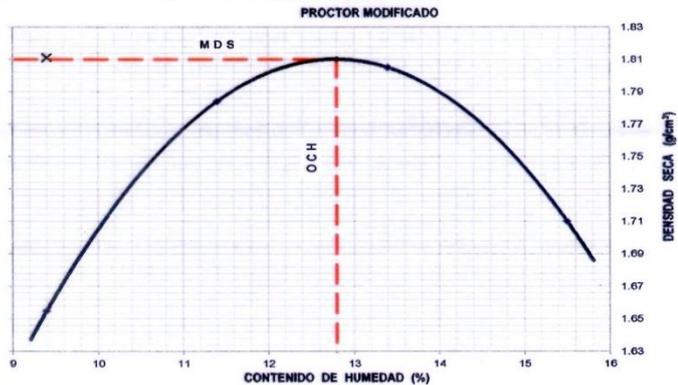
ASTM D 1557 MTC E 115 PROCTOR MODIFICADO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1		E-2		E-3		E-4	
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3545.0		3713.0		3770.0		3701.0	
2	Peso del Molde	gr	1825.0		1825.0		1825.0		1825.0	
3	Peso Suelo Humedo	gr	1720.0		1888.0		1945.0		1876.0	
4	Volumen del Molde	cm ³	950.0		950.0		950.0		950.0	
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.811		1.987		2.047		1.975	
6	Tarro N°	-	463	527	141	219	9	463	501	370
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	600.2	622.4	414.5	527.8	613.3	589.8	650.4	624.0
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	558.7	581.6	378.6	488.5	552.3	528.6	573.0	557.3
9	Peso del Tarro	gr	124.8	131.8	64.1	139.4	104.7	66.4	64.1	133.3
10	Peso del Agua	gr	41.5	40.8	35.9	39.3	61.0	61.2	77.4	66.7
11	Peso Suelo Seco	gr	433.9	449.8	314.5	349.1	447.6	462.2	508.9	424.0
12	Contenido de Humedad	%	9.6	9.1	11.4	11.3	13.6	13.2	15.2	15.7
13	Promedio de Humedad	%	9.4		11.4		13.4		15.5	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.655		1.784		1.805		1.710	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pisón :	45.7 cm
Peso del Pisón	4.5 Kg
Volumen del Molde	950 gr/cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ³
Número de Golpes / Capa	25

GRADACIÓN DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"		
2"		100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	2.1	97.9
<N°4	97.9	

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.810
OCH	12.8 %



DATO:
 - M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Optimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 C.I.P: 67846

Fecha de emisión : Lima, 04 de marzo del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.



Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 19: RESUMEN DEL ENSAYO DE CBR-87.5% SUELO+12.5% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 12.5% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : -
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR

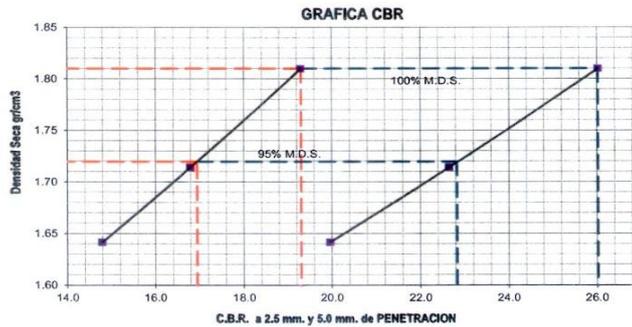
NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883
MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	SM	Horas	Lec. Pulg	Expansion	Lec. Pulg	Expansion	Lec. Pulg	Expansion
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-4(1)	00:00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.001	0.027	0.004	0.077	0.005	0.115
Pasante Tamiz N°4	97.9%	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	1.81	48:00:00	0.003	0.055	0.007	0.153	0.011	0.230
Limite Liquido (%)	21.0	Optimo contenido humedad (%)	12.8	72:00:00	0.004	0.082	0.011	0.230	0.016	0.345
Indice Plastico (%)	NP	Expansion (%)	0.11	96:00:00	0.005	0.109	0.014	0.307	0.021	0.460

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	19.3	26
95%	17.0	22.8



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 20: ENSAYO DE CBR 12,25 Y 56 GOLPES-87.5% SUELO+12.5%R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Daffne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

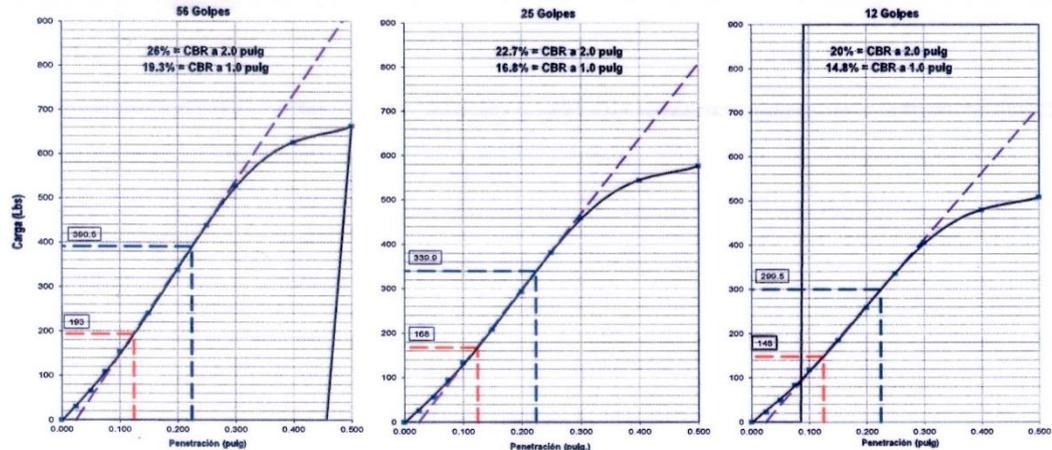
IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 12.5% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : -
 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polipropileno.
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR

NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

ASTM D 1883 MTC E 132 CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-53		M-8		M-53		Molde N°	M-53		M-8		M-53	
Condición de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Dial	Carga Lb/pulg2	Lec. Dial	Carga Lb/pulg2	Lec. Dial
N° Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)		0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde = Suelo Humedo	gr	11318	11405	10899	11042	10916	11128	0.025	90.0	30.0	78.3	26.1	69.0
Peso del Suelo Humedo	gr	7036.9	7036.9	6974	6974	7036.9	7036.9	0.050	193.9	64.6	168.8	56.3	148.7
Volumen del Molde	cm³	2099.6	2099.6	2032	2032	2099.6	2099.6	0.075	326.1	108.7	283.9	94.6	250.1
Densidad Humeda	gr/cm³	2.039	2.080	1.932	2.002	1.848	1.949	0.100	461.2	153.7	401.5	133.8	353.7
Densidad Seca	gr/cm³	1.810	1.810	1.714	1.714	1.642	1.642	0.150	720.6	240.2	627.3	209.1	552.6
Tarro N°		113	78	64	440	543	211	0.200	1012.1	337.4	881.0	293.7	776.1
Tarro = Suelo Humedo	gr	467.3	387.8	517.0	510.0	437.1	464.4	0.250	1314.0	438.0	1143.8	381.3	1007.6
Tarro = Suelo Seco	gr	426.3	346.1	470.2	447.2	396.8	402.6	0.300	1684.3	528.1	1379.0	459.7	1214.9
Peso del Tarro	gr	102.5	59.2	101.4	73.4	75.6	72.3	0.400	1874.7	624.9	1631.8	543.9	1437.6
Contenido de Humedad	%	12.7	14.9	12.7	16.8	12.5	18.7	0.500	1988.3	662.8	1730.8	576.9	1524.7



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARÁN
 C.I.P. 67846

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Telf.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 21: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO- 75% SUELO+25%R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE N° : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

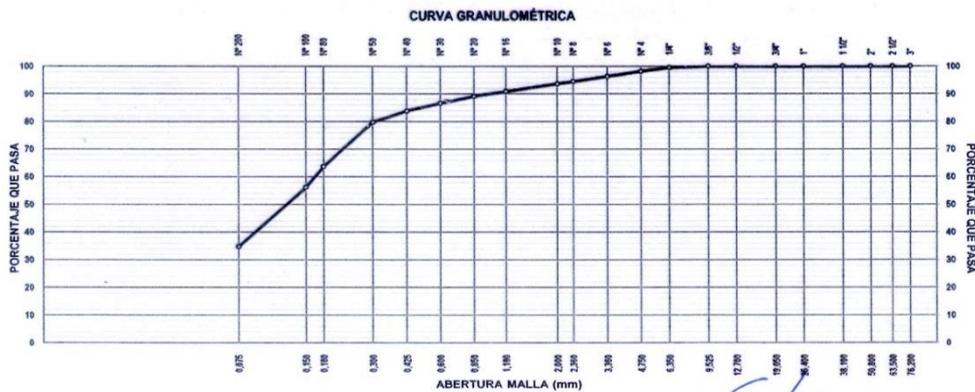
IDENTIFICACION : Arena limosa + 25.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : -

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 204 ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO				
MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			100.0
1/4"	6.350	0.5	0.5	99.5
N° 4	4.750	1.4	1.9	98.1
N° 6	3.360	1.8	3.7	96.3
N° 8	2.360	1.8	5.5	94.5
N° 10	2.000	0.9	6.4	93.6
N° 16	1.180	2.7	9.1	90.9
N° 20	0.850	1.8	10.9	89.1
N° 30	0.600	2.5	13.4	86.6
N° 40	0.425	2.8	16.2	83.8
N° 50	0.300	4.1	20.3	79.7
N° 60	0.250	4.1	24.4	75.6
N° 80	0.180	16.0	36.3	63.7
N° 100	0.150	7.5	43.8	56.2
N° 200	0.075	21.5	65.3	34.7
- N° 200	ASTM D 1140:00	34.7	100.0	

CARACTERÍSTICAS GENERALES	
ASTM D 2488 "Descripción e Identificación de suelos"	
Grava (Ret. N°4)	: 1.9 %
Arena	: 63.4 %
Fino (Pas. N°200)	: 34.7 %
ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg"	
Límite Líquido (LL)	: 18 %
Límite Plástico (LP)	: NP
Índice Plástico (IP)	: NP
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO)	
A-2-4(0)	
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS)	
SM	
ARENA LIMOSA	
ASTM D 2216, "Contenido de humedad"	
Cont. de humedad	: 1.2 %
OBSERVACIONES:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al agregado global natural.	



Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Malla de 3": Código - TDM001



Malla de 2 1/2": Código - TDM002

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 22: CONTENIDO DE HUMEDAD- 75% SUELO+25% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Arena limosa + 25.0% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 215	MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
-----------	---

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	349	245
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	356.6	380.3
Peso cápsula + suelo seco (g)	353.2	377.3
Peso del Agua (g)	3.4	3.0
Peso de la cápsula (g)	68.5	126.8
Peso del suelo seco (g)	284.7	250.5
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.20	1.20
1.2		

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
Rev.: R.T.B.

Horno: Código - HRN001

Horno: Código - HRN002

Balanza: Código - BPZ005



CB
 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Telf.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 23: LÍMITE DE CONSISTENCIA-75% SUELO+25% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

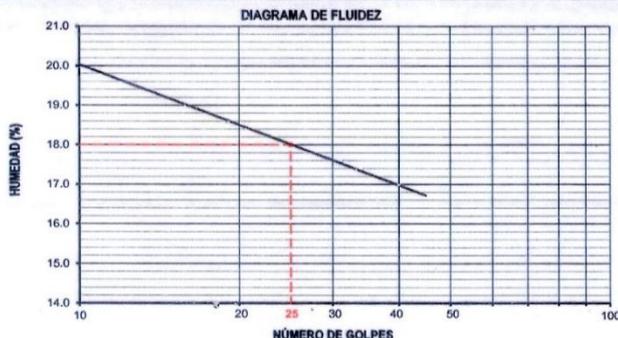
EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Arena limosa + 25.0% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 110, MTC E 111 **DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS, DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N° 40)**

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°						
Cápsula N°	235	212	264	250	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	29.5	31.31	30.26	30.71	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	27.38	29.36	28.43	28.85	--	--
Peso del Agua (g)	2.12	1.95	1.83	1.86	--	--
Peso de la cápsula (g)	16.59	18.55	18.01	18.13	--	--
Peso del suelo seco (g)	10.79	10.81	10.42	10.72	--	--
Contenido de humedad (%)	19.6	18.0	17.6	17.4	--	--
Número de golpes	12	24	31	34		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO (%)	18.0
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

COMENTARIOS:
 - Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
 - Ensayo realizado mediante el "MÉTODOS DE MULTIPUNTO".

OBSERVACION:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado fino natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Copa Casa Grande : Código -CCGM

Balanza : Código -BP2005



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 C.I.P. 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 24: ENSAYO DE COMPACTACIÓN- 75% SUELO+25%R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Daffne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 25.0% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : -

PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg. aprox.

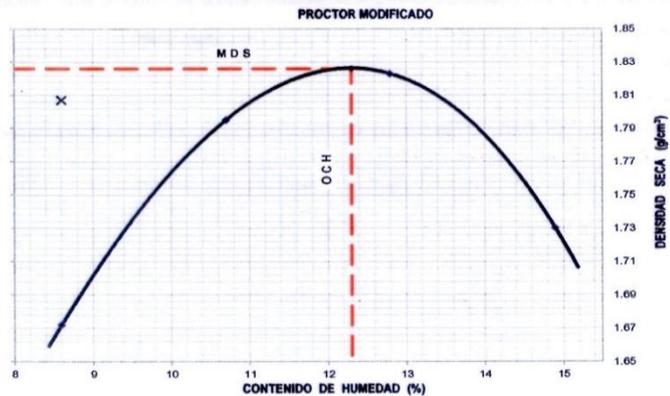
ASTM D 1557 MTC E 115 PROCTOR MODIFICADO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1		E-2		E-3		E-4	
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3542.0		3704.0		3770.0		3705.0	
2	Peso del Molde	gr	1825.0		1825.0		1825.0		1825.0	
3	Peso Suelo Humedo	gr	1717.0		1879.0		1945.0		1880.0	
4	Volumen del Molde	cm ³	950.0		950.0		950.0		950.0	
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.807		1.978		2.047		1.979	
6	Tarro N°	-	302	27	207	587	427	313	466	423
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	494.1	526.4	661.2	579.1	432.7	665.2	641.6	499.2
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	467.1	497.0	613.0	536.2	393.5	603.1	571.8	446.6
9	Peso del Tarro	gr	133.2	131.1	139.5	113.3	66.1	107.8	80.3	83.1
10	Peso del Agua	gr	27.0	29.4	48.2	42.9	39.2	62.1	69.8	52.5
11	Peso Suelo Seco	gr	333.9	365.9	473.5	422.9	325.4	495.3	491.5	363.5
12	Contenido de Humedad	%	8.1	8.0	10.2	10.1	12.0	12.5	14.2	14.5
13	Promedio de Humedad	%	8.1		10.2		12.3		14.4	
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³	1.672		1.795		1.823		1.730	

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pisón :	45.7 cm
Peso del Pisón	4.5 Kg
Volumen del Molde	950 gr/cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ³
Número de Golpes / Capa	25

GRADACIÓN DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"		100.0
2"		100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	1.9	98.1
<N°4	98.1	

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.826
OCH	11.8 %



DATO: - M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Optimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

CB
 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Fecha de emisión : Lima, 04 de marzo del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.

ANEXO 25: RESUMEN DEL ENSAYO DE CBR-75% SUELO+25% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 25.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : -
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR

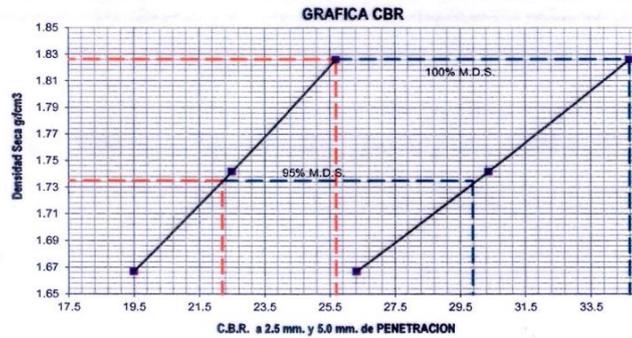
NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883
 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERISTICAS FISICAS DE MUESTRA				EXPANSION								
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	SM	Horas	Lec. Pulg	Expansion						
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-2-4(0)	00:00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Metodo utilizado	A	24:00:00	0.001	0.011	0.003	0.060	0.005	0.104		
Pasante Tamiz N°4	98.1%	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	1.826	48:00:00	0.001	0.022	0.006	0.120	0.010	0.208		
Límite Líquido (%)	18.0	Óptimo contenido humedad (%)	11.8	72:00:00	0.002	0.033	0.008	0.181	0.014	0.312		
Índice Plástico (%)	NP	Expansion (%)	0.04	96:00:00	0.002	0.044	0.011	0.241	0.019	0.416		

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	25.7	34.7
95%	22.2	29.9



COMENTARIO:

- Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 26: ENSAYO DE CBR 12,25 Y 56 GOLPES-75% SUELO+25% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

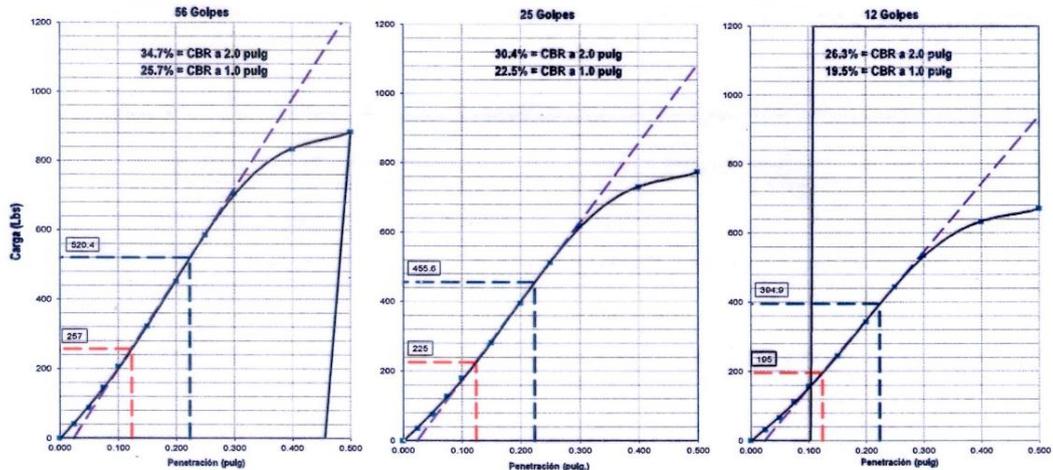
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 25.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : -
 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polipropileno.
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg2 ó 19.35cm2

ASTM D 1883 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-21		M-22		M-59		M-21		M-22		M-59		
Condición de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Penetra. (pulg)	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg2	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg2	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg2
Nº Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)								
Peso Molde + Suelo Humedo	11343	11428	11108	11242	10961	11145	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde	7032	7032	7043	7043	7030	7030	0.025	121.4	40.5	106.3	35.4	92.1	30.7
Peso del Suelo Humedo	4311	4396	4065	4199	3931	4115	0.050	261.4	87.1	228.9	76.3	198.3	66.1
Volumen del Molde	2109	2109	2084	2084	2106.4	2106.4	0.075	438.8	146.3	384.2	128.1	332.9	111.0
Densidad Humeda	2.044	2.084	1.951	2.015	1.866	1.954	0.100	620.0	206.7	542.8	180.9	470.4	156.8
Densidad Seca	1.826	1.826	1.742	1.742	1.667	1.667	0.150	966.6	322.2	846.2	282.1	733.4	244.5
Tarro Nº	88	99	242	157	526	84	0.200	1354.4	451.5	1185.7	395.2	1027.6	342.5
Tarro + Suelo Humedo	588.7	465.2	485.1	460.2	467.3	576.1	0.250	1756.0	585.3	1537.4	512.5	1332.4	444.1
Tarro + Suelo Seco	539.7	418.1	440.8	417.3	428.1	511.9	0.300	2115.2	705.1	1851.8	617.3	1604.9	535.0
Peso del Tarro	129	85.1	70.9	143.7	100.2	138.1	0.400	2500.9	833.6	2189.5	729.8	1897.6	632.5
Contenido de Humedad	11.9	14.2	12.0	15.7	11.9	17.2	0.500	2651.8	883.9	2321.6	773.9	2012.0	670.7



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Telf.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito

ANEXO 27: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO- 50% SUELO-50% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE N° : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

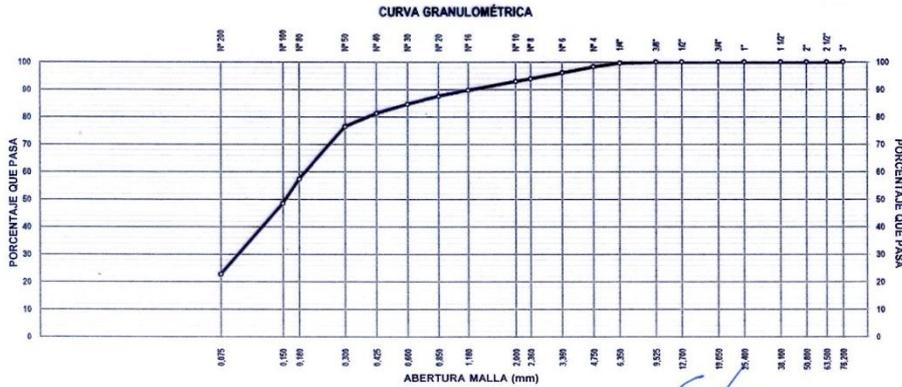
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACION : Arena limosa + 50.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : --

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 204 ANALISIS GRANULOMETRICO DE AGREGADOS GRUESOS Y FINOS

MALLAS		RETENIDO PARCIAL (%)	RETENIDO ACUMULADO (%)	PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERTURA (mm)			
3"	76.200			
2 1/2"	63.500			
2"	50.800			
1 1/2"	38.100			
1"	25.400			
3/4"	19.050			
1/2"	12.700			
3/8"	9.525			100.0
1/4"	6.350	0.4	0.4	99.6
N° 4	4.750	1.3	1.7	98.3
N° 6	3.360	2.2	3.9	96.1
N° 8	2.360	2.2	6.1	93.9
N° 10	2.000	1.0	7.1	92.9
N° 16	1.180	3.2	10.3	89.7
N° 20	0.850	2.2	12.5	87.5
N° 30	0.600	2.9	15.4	84.6
N° 40	0.425	3.3	18.7	81.3
N° 50	0.300	4.9	23.6	76.4
N° 80	0.180	19.1	42.7	57.3
N° 100	0.150	6.9	51.6	48.4
N° 200	0.075	25.7	77.3	22.7
- N° 200	ASTM D 1140:90	22.7	100.0	

CARACTERISTICAS GENERALES	
ASTM D 2488 "Descripción e identificación de suelos"	
Grava (Ret. N°4)	: 1.7 %
Arena	: 75.6 %
Fino (Pas. N°200)	: 22.7 %
ASTM D 4318-(05) "Límites de Atterberg"	
Límite Líquido (LL)	: NP
Límite Plástico (LP)	: NP
Índice Plástico (I.P)	: NP
ASTM D 3282, "Clasificación para el uso en vías de transporte" (AASHTO) A-2-4(0)	
ASTM D 2487, "Clasificación con propósito de ingeniería" (SUCS) SM	
ARENA LIMOSA	
ASTM D 2216, "Contenido de humedad"	
Cont. de humedad	: 1.1 %
OBSERVACIONES:	
- Muestra tomada e identificada por el solicitante.	
- Ensayo efectuado al agregado global natural.	



Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



Malla de 3": Código - TDM001

Malla de 2 1/2": Código - TDM002

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 28: CONTENIDO DE HUMEDAD- 50% SUELO-50%R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : -
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : -

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 50.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : -

PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 215	MÉTODO DE ENSAYO PARA CONTENIDO DE HUMEDAD TOTAL DE LOS AGREGADOS POR SECADO
-----------	---

DENOMINACIÓN	CONTENIDO DE HUMEDAD	
	E - 1	E - 2
Cápsula N°	267	245
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	313.4	386.7
Peso cápsula + suelo seco (g)	311.1	383.9
Peso del Agua (g)	2.3	2.8
Peso de la cápsula (g)	106.4	133.7
Peso del suelo seco (g)	204.7	250.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.10	1.10
	1.1	

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Homo: Código - HRN001

Homo: Código - HRN002

Balanza: Código - BP2005



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARÁN
 CIP: 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 29: LÍMITE DE CONSISTENCIA-50% SUELO-50% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejia
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA

IDENTIFICACION : Arena limosa + 50.0% de Ceramica
 DESCRIPCIÓN : --
 PRESENTACION : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

MTC E 110, MTC E 111 DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS, DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) (TAMIZ N°40)

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LIQUIDO				LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	4	1	2
Ensayo N°	--	--	--	--	--	--
Cápsula N°	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo húmedo (g)	--	--	--	--	--	--
Peso cápsula + suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del Agua (g)	--	--	--	--	--	--
Peso de la cápsula (g)	--	--	--	--	--	--
Peso del suelo seco (g)	--	--	--	--	--	--
Contenido de humedad (%)	--	--	--	--	--	--
Número de golpes	--	--	--	--	--	--



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LIQUIDO (%)	NP
LÍMITE PLÁSTICO (%)	NP
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	NP

COMENTARIOS:

- Ensayo realizado al material pasante la malla N°40.
- La Muestra se desliza en La copa de Casagrande.
- El Límite Líquido no se puede determinar.
- El Límite plástico no se puede determinar.

OBSERVACION:

- Muestra tomada e identificada por el solicitante.
- Ensayo efectuado al agregado fino natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

Copa Casa Grande : Código -CCGM

Balanza: Código - BP2005



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 O.P., 67846

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

Laboratorio Geotécnico

Telf.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 30: ENSAYO DE COMPACTACIÓN- 50% SUELO-50% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafine Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA RECEPCIÓN : Lima, 03 de octubre del 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIAS DE LA MUESTRA

IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 50.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : --
 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg. aprox.

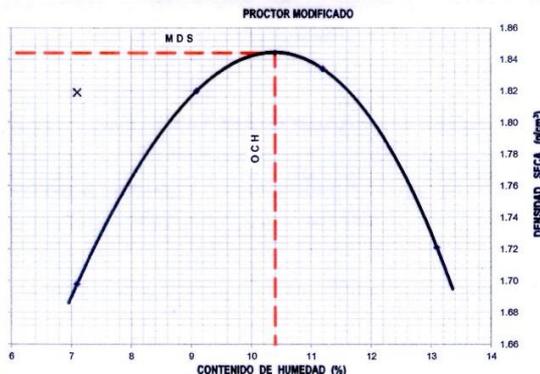
ASTM D 1557 MTC E 115 PROCTOR MODIFICADO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	ENSAYO							
			E-1	E-2	E-3	E-4				
1	Peso Suelo Humedo + Molde	gr	3553.0	3712.0	3762.0	3674.0				
2	Peso del Molde	gr	1825.0	1825.0	1825.0	1825.0				
3	Peso Suelo Humedo	gr	1728.0	1887.0	1937.0	1849.0				
4	Volumen del Molde	cm ³	950.0	950.0	950.0	950.0				
5	Densidad Suelo Humedo	gr/cm ³	1.819	1.986	2.039	1.946				
6	Tarro N°	--	554	342	195	341	180	489	229	166
7	Peso Suelo Humedo + Tarro	gr	554.6	519.1	484.3	607.6	608.6	428.6	638.6	553.3
8	Peso Suelo Seco + Tarro	gr	523.1	489.0	451.4	564.6	555.6	392.5	489.9	496.7
9	Peso del Tarro	gr	67.6	71.5	98.4	82.8	61.8	63.2	114.4	68.6
10	Peso del Agua	gr	31.5	30.1	32.9	43.0	53.0	36.4	48.7	56.6
11	Peso Suelo Seco	gr	455.6	417.5	352.0	481.8	473.8	329.3	375.5	428.1
12	Contenido de Humedad	%	6.9	7.2	9.3	8.9	11.2	11.1	13.0	13.2
13	Promedio de Humedad	%		7.1	7.2	9.1	8.9	11.2		13.1
14	Densidad del Suelo Seco	gr/cm ³		1.698	1.820	1.820	1.834			1.721

DATOS DESARROLLO DE ENSAYO	
Altura de caída del pistón :	45.7 cm
Peso del Pistón	4.5 Kg
Volumen del Molde	950 gr/cm ³
N° de Capas	5
Energía de Compactación Modificada	27.4 kg-cm/cm ²
Número de Golpes / Capa	25

GRADACIÓN DE MUESTRA		
Serie Americana	Ret. Parc. (%)	Pasa (%)
3"		100.0
3/4"	0.0	100.0
3/8"	0.0	100.0
N°4	1.7	98.3
<N°4	98.3	

RESULTADO	
MÉTODO	A
MDS	1.844
OCH	10.4 %



DATO:
 -M.D.S. =Maxima Densidad Seca; O.C.H. = Óptimo Contenido de Humedad.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 04 de marzo del 2019

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 C.I.P.: 67846

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.



Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 31: RESUMEN DEL ENSAYO DE CBR-50% SUELO-50% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Arena limosa + 50.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : --
 PRESENTACIÓN : 01 Bolsa de polietileno
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

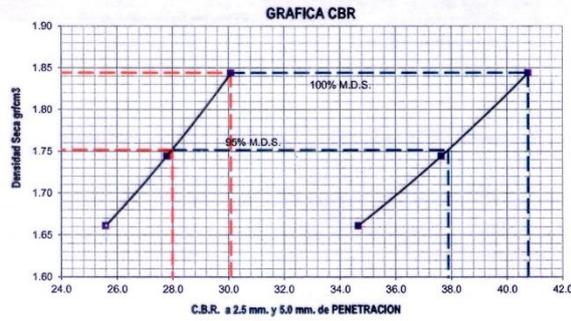
EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883
 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE MUESTRA				EXPANSION						
Pasante Tamiz 2"	100.0%	Clasif. SUCS	SM	Horas	Lec. Pulg	Expansion	Lec. Pulg	Expansion	Lec. Pulg	Expansion
Pasante Tamiz 3/4"	100.0%	Clasif. AASTHO	A-2-4(0)	00:00:00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Pasante Tamiz 3/8"	100.0%	Método utilizado	A	24:00:00	0.000	0.005	0.001	0.027	0.003	0.060
Pasante Tamiz N°4	96.3%	Máxima densidad seca (gr/cm ³)	1.844	48:00:00	0.001	0.011	0.003	0.055	0.006	0.120
Límite Líquido (%)	NP	Óptimo contenido humedad (%)	10.4	72:00:00	0.001	0.016	0.004	0.062	0.008	0.181
Índice Plástico (%)	NP	Expansion (%)	0.02	96:00:00	0.001	0.022	0.005	0.109	0.011	0.241

CBR	0.1" PENETRACION	0.2" PENETRACION
100%	30.1	40.8
95%	28.0	37.9



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67844

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 32: ENSAYO DE CBR 12,25 Y 56 GOLPES-50% SUELO-50% R.C.R



INFORME DE ENSAYO

SOLICITANTE : Dafne Ximena Reyes Mejía
 DIRECCIÓN : --
 PROYECTO : Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-Base del Pavimento Flexible

EXPEDIENTE : 0115-2019/LAB_PEINSAC
 FECHA DE RECEPCIÓN : jueves, 3 de octubre de 2019
 UBICACIÓN : --

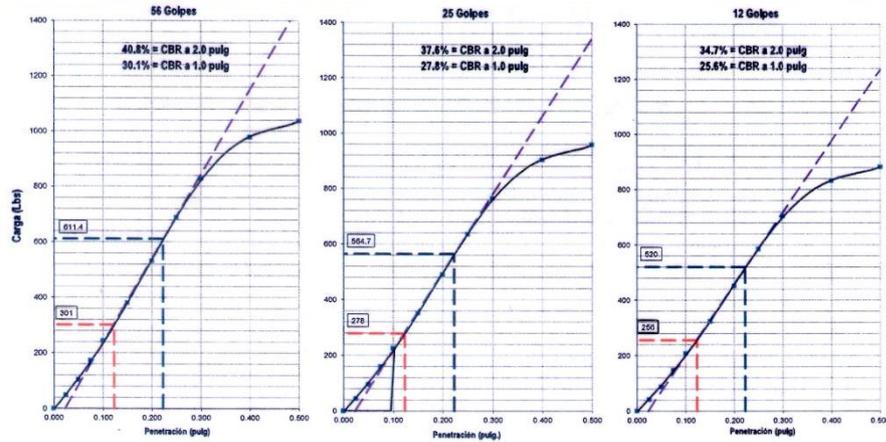
REFERENCIA DE LA MUESTRA
 IDENTIFICACIÓN : Arena Imosa + 50.0% de Cerámica
 DESCRIPCIÓN : -
 PRESENTACIÓN : 01 Sacos de polipropileno.
 CANTIDAD : 50 kg aprox.

EQUIPO DE CBR
 NOMBRE DE EQUIPO : PRENSA DIGITAL DE CBR
 MARCA / MODELO : TAMIEQUIPOS (Colombia)
 FACTOR DE CELDA : X + 0
 AREA DEL PISTON : 3.0 Pulg² ó 19.35cm²

ASTM D 1883 MTC E 132

CBR DE SUELOS - LABORATORIO (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA)

DESCRIPCION	COMPACTACION DE ESPECIMENES						PENETRACION DE ESPECIMENES						
	M-16		M-18		M-14		Molde Nº	M-16		M-18		M-14	
Condicion de la Muestra:	Seca	Saturada	Seca	Saturada	Seca	Saturada		Penetra. (pulg)	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb	Carga Lb/pulg ²	Lec. Dial Lb
Nº Golpes por Capa	56 (5 Capas)		25 (5 Capas)		12 (5 Capas)								
Peso Molde + Suelo Humedo	11257	11306	11059	11158	10883	11014	0.000	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
Peso del Molde	7017	7017	7021	7021	7014	7014	0.025	144.1	48.0	133.1	44.4	122.5	40.8
Peso del Suelo Humedo	4240	4289	4048	4137	3869	4000	0.050	309.9	103.3	286.2	95.4	263.5	87.8
Volumen del Molde	2081	2081	2088	2098	2106	2106	0.075	519.2	173.1	479.5	159.8	441.6	147.2
Densidad Humeda	2.037	2.061	1.929	1.972	1.837	1.899	0.100	733.0	244.3	677.0	225.7	623.4	207.8
Densidad Seca	1.844	1.844	1.745	1.744	1.661	1.662	0.150	1140.3	380.1	1053.2	351.1	969.8	323.3
Tarro Nº	105	86	459	45	148	27	0.200	1594.2	531.4	1472.3	490.8	1355.8	451.9
Tarro + Suelo Humedo	524.0	483.5	549.9	463.9	519.8	505.0	0.250	2064.1	688.0	1906.4	635.5	1755.5	585.2
Tarro + Suelo Seco	482.5	446.2	506.3	421.1	482.0	453.4	0.300	2483.9	828.0	2294.1	764.7	2112.5	704.2
Peso del Tarro	87.3	128.9	94.8	92.9	125.1	92.6	0.400	2934.5	978.2	2710.3	903.4	2495.8	831.9
Contenido de Humedad	10.5	11.8	10.6	13.0	10.6	14.3	0.500	3110.6	1036.9	2872.9	957.6	2645.6	881.9



COMENTARIO:
 - Capacidad de celda de prensa CBR: 10000 lb.

OBSERVACIONES:
 - Muestra tomada e identificada por el solicitante.
 - Ensayo efectuado al agregado global natural.

Fecha de emisión : Lima, 14 de octubre del 2019



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 SMP, 67846

Tec.: J.F.R.
 Rev.: R.T.B.

El solicitante asume toda responsabilidad del uso de la información contenida en este documento.

Peinsac Ingeniería S.A.C.
 Mz. 1 Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
 Web: www.peruinfinito.pe

LABORATORIO GEOTECNICO

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
 Email: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

ANEXO 33: INFORME DE LABORATORIO



TESIS

EFFECTOS DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA ROJA EN LA SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE



OCTUBRE 2019

Peinsac Ingeniería S.A.C.
Mz. I Lt.3 Los Portales de Fiori, SMP, Lima.
Web: www.peruinfinito.pe

Tel.: (01)-6594730 Cel: 974125838
Email.: ventas@peruinfinito.pe / laboratorio@peruinfinito.pe

Efectos de la Reutilización de Residuos de Cerámica Roja en la Sub-base del Pavimento Flexible

1.1 Ensayos de Laboratorio

➤ Ensayos Estándar:

- Análisis granulométrico por tamizado ASTM C 136 MTC E 204.
- Determinación del contenido de humedad de un suelo, ASTM D2216, MTC E-108.
- Límite líquido ASTM D-4318, MTC E-110.
- Límite plástico ASTM D-4318, MTC E-111.
- Clasificación SUCS ASTM D-2487.
- Clasificación AASHTO.

➤ Ensayos Especiales:

- Proctor modificado ASTM D-1557, MTC E-115.
- California bearing ratio ASTM D-1883, MTC E-132.
- Abrasión NTP 400.019, ASTM C 535, MTC E 207.

2. Descripción de Ensayos Estándar

2.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado MTC E 204.

Según la norma técnica ASTM C 136, el objetivo de este ensayo es determinar los diferentes tamaños de las partículas de por medio de tamices.

2.2 Contenido de humedad de un suelo MTC E-108

Según Eulalio Juárez Badillo (2005), se conoce como contenido de agua o humedad de un suelo, la relación entre el peso de agua


INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARA
CIP: 67846

contenida en el mismo y el peso de su fase sólida. Suele expresarse como un porcentaje:

$$w(\%) = \frac{W_w}{W_n} \times 100$$

Varía teóricamente de 0 a ∞ . En la naturaleza la humedad de los suelos varía entre límites muy amplios, determinación en laboratorio del contenido de agua de un suelo, dada la muestra, se pesa para tener W_m (peso de la muestra inicial). A continuación, se seca al horno y se vuelve a pesar, para tener W_s (peso seco). Ahora $W_w = W_m - W_s$, con lo cual la humedad queda determinada.

2.3 Límites de Atterberg

Según Bowles, (1981) un suelo en función de su naturaleza y de la Humedad que presenta, puede presentarse en diferentes estados de consistencia, cada uno de ellos con propiedades y comportamiento específico, Atterberg fue un científico sueco dedicado a la agricultura quien propuso los límites de cohesión, pegajosidad, contracción, plástico y líquido, actualmente los límites líquido y plástico denominados como límites de Atterberg es utilizado mundialmente para la clasificación de suelos.

Según Atterberg cuando un suelo tiene un índice de plasticidad (I.P) igual a cero el suelo es no plástico; cuando el índice plástico es menor de 7, el suelo presenta baja plasticidad; cuando el índice plástico está comprendido entre 7 y 17 se dice que el suelo es medianamente plástico, y cuando el suelo presenta un índice de plasticidad mayor de 17 se dice que es altamente plástico.

Según Arthur Casagrande, comparando suelos de igual límite líquido con índice de plasticidad que aumenta, la compresibilidad



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBAR
CIP: 67846

es la misma, la constante de permeabilidad disminuye, la tenacidad cerca del límite plástico aumenta y también aumenta la resistencia en seco.

2.3.1 Límite Líquido ASTM D-4318, MTC E-110

El límite líquido se define como el contenido de humedad expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra, con el cual el suelo cambia del estado líquido al plástico. De acuerdo con esta definición, los suelos plásticos tienen en el límite líquido una resistencia muy pequeña al esfuerzo de corte, pero definida, y según Atterberg es de 25 g/cm². La cohesión de un suelo en el límite líquido es prácticamente nula. Para determinar el límite líquido en un suelo se efectúa el siguiente procedimiento:

Prepare la muestra de aproximadamente 100 gr de suelo y llévelo al estado plástico añadiendo agua. Ponga una porción de la masa en la cuchara de Casagrande, se deberá tener cuidado de que no exista burbujas de aire atrapadas en la masa, con la espátula nivele el suelo de manera que su profundidad de un centímetro en el punto más grueso. El exceso del suelo se pone nuevamente en el vaso o en la lata. Haga un corte definido con la herramienta de rasgar para dividir el suelo en la cuchara de Casagrande. La línea de ranura debe pasar por la línea del centro del alabe, se puede hacer la ranura en etapas, hasta seis cortes suaves con la herramienta. Dele vueltas al alabe con un ritmo aproximado de dos vueltas por segundo hasta que los dos bordes del suelo dividido se toquen de nuevo en una distancia de ½" (1.27 cm). Registre el número de impactos necesarios. Aumente la humedad de la muestra añadiendo agua, o bájela incorporando suelo seco hasta que el efecto descrito arriba se obtenga con 25 golpes. Determine la humedad en este punto. Repita el ensayo haciendo cuatro determinaciones. Algunos autores indican que "mientras más cercano alrededor de la cuenta de 25 se encuentra el intervalo de



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 67846

puntos experimentales, mayor será la confiabilidad” (Bowles, 1981).

El objetivo es determinar el contenido de humedad expresado en porcentaje.

2.3.2 Límite Plástico ASTM D-4318, MTC E-111

El límite plástico se define como el contenido de humedad, expresado en por ciento con respecto al peso seco de la muestra secada al horno, para el cual los suelos cohesivos pasan de un estado semisólido a un estado plástico. Para determinar el límite plástico, generalmente se hace uso del material que, mezclado con agua, ha sobrado de la prueba el límite líquido y al cual se evapora humedad por mezclado hasta tener una mezcla plástica que sea fácilmente moldeable. Se forma luego una pequeña bola que deberá rodillarse en seguida en la palma de la mano o en una placa de vidrio aplicando la suficiente presión a efecto de formar filamentos.

Cuando el diámetro del filamento resultante sea de 3.17mm (1/8”) sin romperse, deberá juntarse la muestra de nuevo, mezclarse en forma de bola y volver a rodillarse. El proceso debe continuarse hasta que se produzca un rompimiento de los filamentos al momento de alcanzar 1/8” de diámetro. Los suelos que no puedan rodillarse con ningún contenido de humedad se consideran como no plásticos (N.P). Cuando al rodillar la bola de suelo se rompa el filamento al diámetro de 1/8”, se toman todos los pedacitos, se pesan, se secan al horno en un vidrio, vuelven a pesarse ya secos y se determina la humedad correspondiente al límite plástico con la siguiente formula:

$$L.P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} \times 100 = \frac{P_w}{P_s} \times 100$$



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 67846

L.P. = Humedad correspondiente al límite Plástico en %.

Ph = peso de los trocitos de filamentos húmedos en gramos.

Ps = peso de los trocitos de filamentos secos en gramos.

Pw = Peso del agua contenida en los filamentos pesados en gramos.

El límite plástico es muy afectado por el contenido orgánico del suelo, ya que eleva su valor sin aumentar simultáneamente el límite líquido. Por tal razón los suelos con contenido orgánico tienen bajo índice plástico y límites líquidos altos.

2.3.3 Índice de plasticidad

Se denomina índice de plasticidad (I.P.) a la diferencia numérica entre los límites líquido y plástico, e indica el margen de humedades dentro del cual se encuentra en estado plástico tal como lo definen los ensayos.

Tanto el límite líquido como el límite plástico dependen de la cantidad y tipo de arcilla del suelo; sin embargo, el índice plástico depende generalmente de la cantidad de arcilla del suelo.

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

I.P. = Índice de plasticidad.

L.L = Límite líquido.

L.P. = Límite plástico.

2.4 Clasificación de suelos

Para la clasificación de suelos se utilizan distintos métodos entre los que podemos nombrar al SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos), ASSTHO (Asociación Americana de



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARA
CIP: 67846

Agencias Oficiales de Carreteras y Transportes), USDA (sistema de Departamento de Agricultura de los Estados Unidos), ASTM y el FAA (sistema de la agencia federal de Aviación); en carreteras se utiliza el método del AASTHO. Para la clasificación de suelos es necesario realizar ensayos de granulometría y los límites de Atterberg (límite líquido y plástico), además se debe acompañar el símbolo de la clasificación y la descripción del suelo, ya que el símbolo de clasificación es amplio y general. (Bowles, 1981).

2.4.1 Sistema de Clasificación de Suelos AASHTO

Este sistema clasifica los suelos en dos grupos generales materiales granulares (35% o menos del total pasa el tamiz N° 200) y materiales limo arcillosos (más del 35% del total pasa el tamiz N° 200); a la vez considera siete grupos de clasificación A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, el sistema AASHTO utiliza un índice de grupo para poder comparar distintos tipos de suelos de un mismo grupo, (Bowles, 1981) menciona en su libro que “si dos suelos de un mismo grupo tienen diferente índice de grupo, tendrá mejor comportamiento como material de carretera aquel cuyo índice de grupo sea menor; esto es, un A-2-6(2) debe ser un mejor material de carretera que un A-2-6 (4)”.

2.4.2 Clasificación SUCS ASTM D-2487

Según Juárez, (2005), dijo que este sistema está basado en los aeropuertos, hasta el grado que puede decirse que es el mismo con ligeras modificaciones.

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP: 67846

gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

DESCRIPCION	Análisis Granulométrico (%Pasante)													
	3/8"	1/4"	N°4	N°6	N°8	N°10	N°16	N°20	N°30	N°40	N°50	N°80	N°100	N°200
Arena limosa	100.0	99.6	98.3	96.8	95.3	94.6	92.5	91.1	89.2	87.0	83.8	71.1	65.2	48.2
Arena limosa + 12.5% de Cerámica	100.0	99.5	97.9	96.2	94.5	93.7	91.3	89.7	87.5	85.0	81.3	66.9	60.2	40.9
Arena limosa + 25.0% de Cerámica	100.0	99.5	98.1	96.3	94.5	93.6	90.9	89.1	86.6	83.8	79.7	63.7	56.2	34.7
Arena limosa + 50.0% de Cerámica	100.0	99.6	98.3	96.1	93.9	92.9	89.7	87.5	84.6	81.3	76.4	57.3	48.4	22.7

DESCRIPCION	Clasificación			Contenido de Humedad (%)	Límites de Atterberg (%) Tamiz N°40		
	SUCS	Nomenclatura SUCS	AASTHO		Límite Líquido	Límite Plástico	Índice Plástico
Arena limosa	SM	ARENA LIMOSA	A-4(3)	1.5	25.0	NP	NP
Arena limosa + 12.5% de Cerámica	SM	ARENA LIMOSA	A-4(1)	1.4	21.0	NP	NP
Arena limosa + 25.0% de Cerámica	SM	ARENA LIMOSA	A-2-4(0)	1.2	18.0	NP	NP
Arena limosa + 50.0% de Cerámica	SM	ARENA LIMOSA	A-2-4(0)	1.1	NP	NP	NP

3.0 Descripción de Ensayos Especiales

3.1 Proctor modificado ASTM D-1557, MTC E-115.

Objeto

Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

Finalidad y Alcance

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).



 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARÁN
 CIP: 67846

Nota 1. Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2. El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ " pulg).

Nota 3. Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), ver ensayo ASTM D 4718 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones

del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

3.2 CBR (California Bearing Radio) ASTM D-1883, MTC E-132.

Según Bowles, (1981) el ensayo de relación de soporte de California se desarrolló por parte de la División de Carreteras de California en 1929 como una forma de clasificación de la capacidad de un suelo para ser utilizado como sub-rasante o material de base en construcción de carreteras. Durante la segunda guerra mundial, el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos adoptó este ensayo para utilizarlo en la construcción de aeropuertos.

Según Osorio & Casas, (2011) "Este método fue propuesto en 1929 por los ingenieros T. E. Stanton y O. J. Porter del departamento de carreteras de California", desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método CBR se ha generalizado



INGENIERO CIVIL
ROBERTO TELLO BARBARAN
CIP. 67846

y es una forma de clasificación de un suelo para ser utilizado como sub rasante o material de base en la construcción de carreteras.

Según la norma ASTM (1883) "El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala. CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de California Bearing Ratio: aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964, en su versión para laboratorio".

Según la norma ASTM D 1883, el CBR se trata de un ensayo en el que el suelo se someter a penetración de un vástago cilíndrico a una velocidad constante. El resultado, índice CBR, es la capacidad de soporte del suelo comparado con la de una grava patrón. Por cada espécimen de suelo se calculan dos valores de CBR como se muestra en la figura, uno a 0.1" (2.5 cm) de penetración y el otro a 0.2" (5 cm) de penetración. La ASTM recomienda reportar el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2". En el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el de 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen.

DESCRIPCIÓN	PROCTOR MODIFICADO		CBR	
	MDS	OCH	100%	95%
Arena limosa	1.791	13.4	11.2	8.7

3.3 Abrasión NTP 400.019, MTC E 207

Objeto

Establecer el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½") para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.



INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

Nota 1. En el Anexo se presenta un procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños mayores que 19,0 mm (3/4 pulg).

Finalidad y Alcance

Este Modo Operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida. Los valores están establecidos en unidades del Sistema Internacional y serán considerados como estándar.

4.0 Estabilización de suelos

4.1 Suelo estabilizado con Residuos de Cerámica Roja

El ensayo de estabilización con Residuos de Cerámica Roja, dio como resultado los siguientes valores em diversas dosificaciones.

DESCRIPCION	PROCTOR MODIFICADO		CBR	
	MDS	OCH	100%	95%
Arena limosa + 12.5% de Ceramica	1.810	12.8	19.3	17.0
Arena limosa + 25.0% de Ceramica	1.826	11.8	25.7	22.2
Arena limosa + 50.0% de Ceramica	1.844	10.4	30.1	28.0


 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846

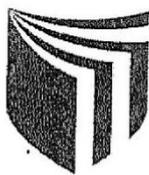
CONCLUSIONES

- La adición de cerámicos puede reemplazar material de este suelo en estudio y a la vez, aumentar los valores de M.D.S.
- Al aumentar la cantidad del material estabilizante (cerámica roja), hubo una disminución con respecto al límite líquido, debido a las propiedades físicas y mecánicas del estabilizante.
- Por otro lado, como alternativa ambiental en cuanto al cuidado del ecosistema al utilizar un material reciclado, puede ser utilizable siempre en cuando cumpla con los parámetros de la obra o estudio en la cual se desee utilizar.
- Finalmente, se concluye que los valores del CBR aumentan en proporciones basados en la proporción de material natural + cerámica roja.

DESCRIPCION	PROCTOR MODIFICADO		CBR 0.2"	
	MDS	OCH	100%	95%
Arena limosa	1.791	13.4	15.2	11.8
Arena limosa + 12.5% de Cerámica	1.810	12.8	26.0	22.8
Arena limosa + 25.0% de Cerámica	1.826	11.8	34.7	29.9
Arena limosa + 50.0% de Cerámica	1.844	10.4	40.8	37.9



 INGENIERO CIVIL
 ROBERTO TELLO BARBARAN
 CIP: 67846



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
La Escuela de Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL (FORMA) DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

REYES MEJIA, DAFNE XIMENA

INFORME TITULADO:

*EFFECTOS DE LA REUTILIZACIÓN DE RESIDUOS DE CERÁMICA
ROJA EN LA SUBBASE DEL PAVIMENTO FLEXIBLE,
LIMA - 2019*

PARA OBTENER EL GRADO DE:

Ingeniero Civil

SUSTENTADO EN FECHA:

17 / 12 / 2019

NOTA O MENCIÓN

16 (Satisfactorio)


Coordinador de Investigación de
Ingeniería Civil

Yo, Ing. Cecilia Amora Moscoso
docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de
la Universidad César Vallejo, Lima Norte (precisar filial o sede), revisor(a) de la tesis
titulada

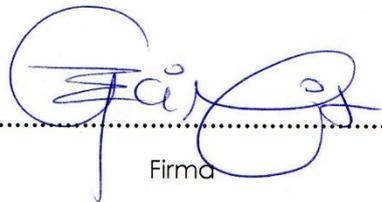
"Efectos de la reutilización de residuos de cerámica
roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019"

del (de la) estudiante Reyes Mejía Dagne

constato que la investigación tiene un índice de similitud de 9 % verificable
en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El/la suscrito (a) analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las
coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la
tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas
por la Universidad César Vallejo.

Lugar y fecha... Lima... 17.11.2019...



Firma

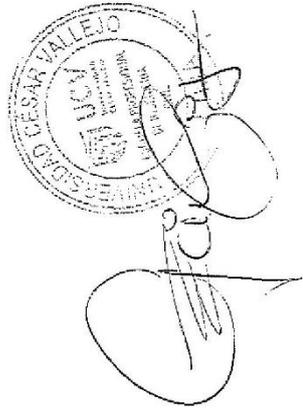
Nombres y apellidos del (de la) docente:

Cecilia Amora Moscoso

DNI: 43851809

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------

UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



"Efectos de la ventilación de residuos de cerámica roja en la calidad del pavimento flexible, Lima - 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

AUTOR:
Reyes Mejía, Dafne Ximena (0000-0003-0790-3359)

ASESOR:
Mg. Ing. Aracelia Moscoso Cecilia (0000-0003-2497-294X)

CENTRO DE INVESTIGACION:
Diseño de Infraestructura Vial

CIMA - PERÚ
2019

9 %

Verificar muestra (Pasa)

Se envía cuando nuestra revisión...

Considerando	Porcentaje
1 Entregado a Universidad...	3 %
2 Entregado a Universidad...	1 %
3 Entregado a Universidad...	1 %
4 Submisión por el profesor...	<1 %
5 Entregado a Universidad...	<1 %
6 Entregado a Universidad...	<1 %
7 Entregado a Universidad...	<1 %
8 Entregado a Universidad...	<1 %
9 Entregado a Universidad...	<1 %
10 Entregado a Universidad...	<1 %
11 Entregado a UNLBSRE...	<1 %
12 Anexos...	<1 %
13 Reporte de verificación...	<1 %
14 Entregado a Universidad...	<1 %
15 Reporte de verificación...	<1 %



**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE
TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL
UCV**

Código : F08-PP-PR-02.02
Versión : 09
Fecha : 23-03-2018
Página : 1 de 1

Yo Daffne Ximena Reyes Mejia

identificado con DNI N.º 77201340, egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo,

Autorizo () No autorizo () la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado

“Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima-2019”

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derechos de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....
.....

FIRMA

DNI: 77201340

FECHA 17 de Diciembre de 2019

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Responsable de SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	--------------------	--------	---------------------------------



**AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO
DE INVESTIGACIÓN / TESIS**

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL COORDINADOR DE LA:

- ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN / TESIS QUE PRESENTA

- Reyes Mejia, Daffne Ximena

INFORME TITULADO:

- Efectos de la reutilización de residuos de cerámica roja en la subbase del pavimento flexible, Lima - 2019

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

- Ingeniero civil.

SUSTENTADO EN FECHA: 17/12/2019

NOTA O MENCIÓN: 16



Mg. Doris Lina Huamán Baldeón
Coordinadora del E.P. Ingeniería Civil
UCV – Lima Norte