



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR – Cantera Yauri, Chicama, 2019”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES

Cruz Mendoza, Colbert David (ORCID: 0000-0003-1516-0843)

Yauri Carrasco, Jordy Erky (ORCID: 0000-0003-1531-7660)

ASESOR

Mg. Meza Rivas, Jorge Luis (ORCID: 0000-0002-4258-4097)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

TRUJILLO – PERÚ

2020

DEDICATORIA

*A mis padres, María y Alejandro, por el
cariño, el esfuerzo, la dedicación, el
tiempo y el apoyo incondicional que
siempre me han brindado para lograr
una de mis metas profesionales.*

*A mis hermanas, abuelos y familiares
que me ayudaron a ser una mejor
persona y que fueron, son y seguirán
siendo mi mayor fuente de inspiración
para forjar mi formación profesional.*

COLBERT C.

A Dios, por acompañarme siempre,

*A mis padres, Imelda y Eliseo en
virtud a su inagotable labor por
forjar el futuro de sus hijos.*

*A mis hermanos, Jordan y Elizabeth,
por su cariño y apoyo.*

JORDY Y.

AGRADECIMIENTO

*A Dios por darnos la vida, salud e iluminarnos
por el camino del bien.*

*A nuestros padres por su incesante labor,
esfuerzo y apoyo en toda nuestra formación
profesional.*

*A los asesores: Ing. Jorge Luis Meza Rivas,
Ing. Marlon Gastón Farfán Córdova; por su
orientación, conocimiento, apoyo y consejos
que fueron fundamentales para la realización
de la presente investigación.*

*A los docentes de la Escuela Profesional de
Ingeniería Civil de la Universidad César
Vallejo, por estar siempre dispuestos a
apoyarnos ante las consultas que se tuvo en
este trabajo*

*A todas las personas, que nos brindaron su
apoyo y colaboración para el desarrollo de
esta investigación.*

PÁGINA DEL JURADO

PÁGINA DEL JURADO

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Colbert David Cruz Mendoza, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI 46648916, autor de la presente tesis titulada “Propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR - Cantera Yauri, Chicama, 2019”

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de referencias y citas para las fuentes consultadas. Por ende, esta investigación no ha sido plagiado ni parcial ni totalmente.
- 3) Esta investigación no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido presentada ni publicada con anterioridad para la obtención de algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos e información presentados en los resultados son reales, libres de falsificación, duplicación y/o copia alguna; por lo tanto, el contenido mostrado en la investigación es veraz y auténtico.

De identificarse plagio, autoplagio, falsificación, piratería o fraude, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio del 2020



Colbert David Cruz Mendoza

DNI: 46648916

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

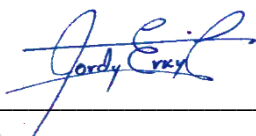
Yo, Jordy Erky Yauri Carrasco, estudiante de la Escuela de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI 70472913, autor de la presente tesis titulada “Propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR - Cantera Yauri, Chicama, 2019”

Declaro bajo juramento que:

- 1) La tesis es de mi autoría.
- 2) He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por ende, esta investigación no ha sido plagiada ni parcial ni totalmente.
- 3) Esta investigación no ha sido autoplagiada; es decir, no ha sido presentada ni publicada con anterioridad para la obtención de algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos e información presentados en los resultados son reales, libres de falsificación, duplicación y/o copia alguna; por lo tanto, el contenido mostrado en la investigación es veraz y auténtico.

De identificarse plagio, autoplagio, falsificación, piratería o fraude, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad César Vallejo.

Trujillo, julio del 2020



Jordy Erky Yauri Carrasco

DNI: 70472913

ÍNDICE

CARÁTULA.....	i
DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
PÁGINA DEL JURADO.....	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD.....	vi
ÍNDICE.....	viii
ÍNDICE DE CUADROS.....	xi
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
RESUMEN.....	xvi
ABSTRACT.....	xvii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MÉTODO.....	12
2.1. Tipo y diseño de investigación.....	12
2.2. Operacionalización de variables.....	13
2.3. Población, muestra y muestreo.....	15
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	15
2.5. Procedimiento.....	16
2.6. Método de análisis de datos.....	17
2.7. Aspectos éticos.....	17
III. RESULTADOS.....	18
3.1 Ubicación y descripción de la cantera.....	18
3.2 Estabilización de la escoria de acero.....	19
3.2.1 Clasificación de la escoria de acero.....	19
3.2.2 Análisis Granulométrico.....	19
3.2.2.1 Cálculos.....	19
3.2.2.2 Análisis de resultado.....	19
3.2.3 Dosificaciones a usar.....	20
3.3 Estudio de mecánica de suelos de la base granular.....	20
3.3.1 Análisis Granulométrico.....	20
3.3.1.1 Cálculos.....	20
3.3.1.2 Análisis de resultado.....	21
3.3.2 Abrasión los Ángeles.....	21
3.3.2.1 Cálculos.....	21

3.3.2.2	Análisis de resultado	22
3.3.3	Durabilidad al sulfato de magnesio	22
3.3.3.1	Cálculos.....	22
3.3.3.2	Análisis de resultado	23
3.3.4	Equivalente de arena	23
3.3.4.1	Cálculos.....	23
3.3.4.2	Análisis de resultado	23
3.3.5	Partículas con una o dos caras fracturadas	23
3.3.5.1	Cálculos.....	24
3.3.5.2	Análisis de resultado	24
3.3.6	Partículas chatas y alargadas	24
3.3.6.1	Cálculos.....	25
3.3.6.2	Análisis de resultado	25
3.3.7	Sales solubles	25
3.3.7.1	Cálculos.....	25
3.3.7.2	Análisis de resultado	26
3.3.8	Proctor modificado.....	26
3.3.8.1	Cálculos.....	26
3.3.8.2	Análisis de resultado	28
3.3.9	Ensayo CBR.....	28
3.3.9.1	Cálculos.....	28
3.3.9.2	Análisis de resultado	31
3.3.10	Cumplimiento de resultados del material de base	31
3.4	Propiedades mecánicas base granular modificada.....	32
3.4.1	Ensayo proctor modificado	32
3.4.1.1	Cálculos.....	33
3.4.1.2	Análisis de resultado	38
3.4.2	Ensayo CBR.....	38
3.4.2.1	Cálculos.....	38
3.4.2.2	Análisis de resultados.....	53
3.5	Análisis estadístico de resultados (SPSS)	54
3.5.1	Máxima densidad seca	54
3.5.1.1	Prueba de Normalidad.....	54
3.5.1.2	Análisis de Varianza (ANOVA).....	54
3.5.1.3	Comparación Múltiple.....	54
3.5.2	Óptimo contenido de humedad	55

3.5.2.1 Prueba de Normalidad	55
3.5.2.2 Análisis de varianza (ANOVA)	55
3.5.2.3 Comparación múltiple	55
3.5.3 Índice de CBR	56
3.5.3.1 Prueba de normalidad.....	56
3.5.3.2 Análisis de varianza (ANOVA)	56
3.5.3.3 Comparación múltiple	56
3.6 Resumen de resultados.....	57
IV. DISCUSIÓN	59
V. CONCLUSIONES	61
VI. RECOMENDACIONES	63
REFERENCIAS	64
ANEXOS	70

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1. Matriz de Operacionalización de variables.	14
Cuadro 2. Granulometría de la escoria de acero.	19
Cuadro 3. Análisis Granulométrico de la base granular.	20
Cuadro 4. Abrasión de los Ángeles 21	21
Cuadro 5. Porcentaje de pérdida de abrasión de los ángeles.....	22
Cuadro 6. Durabilidad de sulfato de magnesio del agregado grueso.	22
Cuadro 7. Durabilidad de sulfato de magnesio del agregado fino.	22
Cuadro 8. Equivalente de arena del agregado fino.....	23
Cuadro 9. Partículas de una cara fracturada.	24
Cuadro 10. Partículas de dos caras fracturadas.	24
Cuadro 11. Partículas chatas y alargadas.	25
Cuadro 12. Sales solubles del agregado grueso.	25
Cuadro 13. Sales solubles del agregado fino.....	26
Cuadro 14. Descripción del molde, base granular, Ensayo proctor.	26
Cuadro 15. Base granular, ensayo proctor modificado.	26
Cuadro 16. Promedios.	27
Cuadro 17. Resultados de la base granular. Ensayo proctor.	27
Cuadro 18. Datos de moldeo, base granular. Ensayo de CBR.	28
Cuadro 19. Promedios.	28
Cuadro 20. Ensayo de expansión, base granular. Ensayo CBR.	29
Cuadro 21. Ensayo de carga de penetración, base granular. Ensayo CBR	29
Cuadro 22. Promedios de esfuerzos, base granular. Ensayo CBR.	30
Cuadro 23. Valores corregidos, base granular.	30
Cuadro 24. Resultados de la base granular. Ensayo CBR.....	31
Cuadro 25. Requerimientos granulométricos para base granular y resultados de la muestra patrón.	31
Cuadro 26. Requerimientos de CBR para base granular.....	32
Cuadro 27. Requerimientos - Agregado grueso - Ensayos especiales.	32
Cuadro 28. Requerimientos - Agregado fino - Ensayos especiales.....	32
Cuadro 29. Base + 5% de escoria. Ensayo proctor.	33
Cuadro 30. Promedios.	33
Cuadro 31. Resultados del proctor.	33
Cuadro 32. Descripción molde S – 3.....	34
Cuadro 33. Base + 10% de escoria. Ensayo proctor.	34
Cuadro 34. Promedios.	34

Cuadro 35. Resultados del proctor.	34
Cuadro 36. Descripción molde S - 3	35
Cuadro 37. Base + 15% de escoria. Ensayo proctor.	35
Cuadro 38. Promedios.	35
Cuadro 39. Resultados del proctor.	35
Cuadro 40. Descripción molde S - 3.	36
Cuadro 41. Base + 20% de escoria. Ensayo proctor.	36
Cuadro 42. Promedios.	36
Cuadro 43. Resultados del proctor.	36
Cuadro 44. Descripción molde S - 3.	37
Cuadro 45. Base + 25% de escoria. Ensayo proctor.	37
Cuadro 46. Promedios.	37
Cuadro 47. Resultados del proctor.	38
Cuadro 48. Datos de moldeo, base + 5% de escoria, Ensayo de CBR.	38
Cuadro 49. Promedios.	38
Cuadro 50. Ensayo de expansión, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	39
Cuadro 51. Ensayo de carga de penetración, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	39
Cuadro 52. Promedios de esfuerzos, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	40
Cuadro 53. Valores corregidos, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	40
Cuadro 54. Resultados de la base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	41
Cuadro 55. Datos de moldeo, base + 10% de escoria, Ensayo de CBR.	41
Cuadro 56. Promedios.	41
Cuadro 57. Ensayo de expansión, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.	42
Cuadro 58. Ensayo de carga de penetración, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.	42
Cuadro 59. Promedios de esfuerzos, base +10% de escoria. Ensayo CBR.	43
Cuadro 60. Valores corregidos, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.	43
Cuadro 61. Resultados de la base + 10% de escoria. Ensayo CBR.	44
Cuadro 62. Datos de moldeo, base + 15% de escoria, Ensayo de CBR.	44
Cuadro 63. Promedios.	44
Cuadro 64. Ensayo de expansión, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.	45
Cuadro 65. Ensayo de carga de penetración, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.	45
Cuadro 66. Promedios de esfuerzos, base +15% de escoria. Ensayo CBR.	46
Cuadro 67. Valores corregidos, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.	46
Cuadro 68. Resultados de la base + 15% de escoria. Ensayo CBR.	47
Cuadro 69. Datos de moldeo, base + 20% de escoria, Ensayo de CBR.	47
Cuadro 70. Promedios.	47

Cuadro 71. Ensayo de expansión, base + 20% de escoria. Ensayo CBR	48
Cuadro 72. Ensayo de carga de penetración, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.	48
Cuadro 73. Promedios de esfuerzos, base +20% de escoria. Ensayo CBR.....	49
Cuadro 74. Valores corregidos, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.	49
Cuadro 75. Resultados de la base + 20% de escoria. Ensayo CBR.....	50
Cuadro 76. Datos de moldeo, base + 25% de escoria, Ensayo de CBR.....	50
Cuadro 77. Promedios.	50
Cuadro 78. Ensayo de expansión, base + 25% de escoria. Ensayo CBR	51
Cuadro 79. Ensayo de carga de penetración, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.	51
Cuadro 80. Promedios de esfuerzos, base +25% de escoria. Ensayo CBR.....	52
Cuadro 81. Valores corregidos, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.	52
Cuadro 82. Resultados de la base + 25% de escoria. Ensayo CBR.....	53
Cuadro 83. Prueba de normalidad de la máxima densidad seca con porcentajes de escoria.....	54
Cuadro 84. Análisis de varianza (ANOVA) de la máxima densidad seca con porcentajes de escoria.	54
Cuadro 85. Comparación múltiple de la máxima densidad seca con porcentaje de escoria.	54
Cuadro 86. Prueba de normalidad del óptimo contenido de humedad con porcentajes de escoria..	55
Cuadro 87. Análisis de varianza (ANOVA) del óptimo contenido de humedad con porcentajes de escoria.	55
Cuadro 88. Comparación múltiple del óptimo contenido de humedad con porcentajes de escoria.	55
Cuadro 89. Prueba de normalidad del CBR con porcentajes de escoria.	56
Cuadro 90. Análisis de varianza (ANOVA) CBR con porcentajes de escoria.....	56
Cuadro 91. Comparación múltiple del CBR con porcentajes de escoria.	56
Cuadro 92. Granulometría base granular y escoria de acero.....	57
Cuadro 93. Ensayos especiales para base granular.	57
Cuadro 94. Propiedades mecánicas proctor modificado y CBR.	58

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Ubicación geográfica de la cantera proveedora de base granular.	18
Gráfico 2. Curva granulométrica de la escoria de acero.	19
Gráfico 3. Curva granulométrica de la base granular de la cantera Yauri - Chicama.	21
Gráfico 4. Máxima densidad seca vs contenido de humedad, base granular. Ensayo proctor.	27
Gráfico 5. Esfuerzo vs penetración, base granular. Ensayo CBR.	30
Gráfico 6. Densidad seca vs % CBR, base granular. Ensayo CBR.	31
Gráfico 7. Máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad, base + 5% de escoria. Ensayo proctor.	33
Gráfico 8. Máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad, base + 10% de escoria. Ensayo proctor.	34
Gráfico 9. Máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad, base + 15% de escoria. Ensayo proctor.	35
Gráfico 10. Máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad, base + 20% de escoria. Ensayo proctor.	36
Gráfico 11. Máxima densidad seca vs optimo contenido de humedad, base + 25% de escoria. Ensayo proctor.	37
Gráfico 12. Esfuerzo vs penetración, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	40
Gráfico 13. Densidad seca vs % CBR, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.	41
Gráfico 14. Esfuerzo vs penetración, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.	43
Gráfico 15. Densidad seca vs % CBR, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.	44
Gráfico 16. Esfuerzo vs penetración, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.	46
Gráfico 17. Densidad seca vs % CBR, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.	47
Gráfico 18. Esfuerzo vs penetración, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.	49
Gráfico 19. Densidad seca vs % CBR, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.	50
Gráfico 20. Esfuerzo vs penetración, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.	52
Gráfico 21. Densidad seca vs % CBR, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.	53
Gráfico 22. CBR vs porcentaje de escoria.	53
Gráfico 23. Muro de ingreso a la cantera Yauri.	71
Gráfico 24. Vías de acceso a la selección de agregados.	71
Gráfico 25. Maquinarias para la extracción de agregados.	72
Gráfico 26. Máquina clasificadora de agregados.	72
Gráfico 27. Máquina para zarandeo de agregados.	73
Gráfico 28. Maquina chancadora de piedra de ½” y ¾”.	73
Gráfico 29. Material separado para uso en obra.	74
Gráfico 30. Cubierta para apilar material especial.	74

Gráfico 31. Ensayo de equivalente de arena.	76
Gráfico 32. Presencia de sales solubles en agregados.	76
Gráfico 33. Contenido de humedad de la base granular.	77
Gráfico 34. Granulometría de la base granular.	77
Gráfico 35. Granulometría de la escoria de acero.	78
Gráfico 36. Tamizando el agregado de base granular por la malla 3/4.	78
Gráfico 37. Porcentaje de escoria de acero para el proctor.	79
Gráfico 38. Incorporación de escoria de acero para los moldes del proctor.	79
Gráfico 39. Añadiendo porcentaje de agua a la mezcla para el proctor.	80
Gráfico 40. Mezcla y cuarteo del material incorporado con escoria para el proctor.	80
Gráfico 41. Compactación proctor modificado.	81
Gráfico 42. Extracción de corazón compactado del proctor.	81
Gráfico 43. Preparación del porcentaje de humedad para el ensayo de CBR.	82
Gráfico 44. Cuarteo del material incorporado con escoria de acero para el ensayo del CBR.	82
Gráfico 45. Compactación para los tres moldes del CBR.	83
Gráfico 46. Preparación de los discos de carga y dial para sumergirlo en Agua.	83
Gráfico 47. Ensayo CBR, medición de expansión.	84

RESUMEN

En muchos proyectos de Ingeniería Civil relacionados a la construcción, mantenimiento y rehabilitación vial se emplean grandes cantidades de materiales granulares extraídos de canteras o cauces de ríos, esta explotación desmedida genera un impacto ambiental negativo. En ese sentido, el objetivo de la presente investigación es determinar las propiedades mecánicas de una base granular de cantera incorporando escoria de acero, mediante el ensayo CBR; puesto que la escoria de acero es un residuo siderúrgico que se genera en grandes cantidades y según diversos estudios y aplicaciones, es potencialmente reaprovechable como material granular, ya que los resultados indican que la escoria de acero es un buen estabilizante. La base granular analizada en esta investigación, de tipo experimental, es proveniente de la cantera Yauri de Chicama, siendo a la vez la población de estudio; de la cual se tomaron 18 muestras y se las agruparon equitativamente en 6 grupos de estudio (1 grupo de control y 5 experimentales con escoria incorporada en 5%, 10%, 15%, 20% y 25% respectivamente) para someterlos a los ensayos de proctor modificado y CBR, siguiendo los protocolos de las normas ASTM y el Manual de Ensayo de Materiales de nuestro país. Como resultado, las propiedades mecánicas del grupo control fueron: una MDS (máxima densidad seca) de 2.028 g/cm^3 y un CBR de 108.53%; en cuanto a los grupos experimentales, se observó un ligero incremento al incorporar 5% de escoria, pero no existe diferencia significativa, esta se puede notar a partir del 10% hasta el 25% con una tendencia creciente, alcanzando como máximo: una MDS de 2.196 g/cm^3 y un CBR de 123.68%. Además, para darle mayor validez a la presente investigación, se aplicó un análisis estadístico de los resultados aplicando la prueba Anova con el software SPSS, resultando que las propiedades mecánicas con incorporación de escoria en la base granular varían de acuerdo al porcentaje incorporado, en concordancia con nuestros resultados. Concluyendo que la escoria de acero incrementa favorablemente las propiedades mecánicas de una base granular, siendo factible su uso como agregado en proyectos viales.

Palabras clave: escoria de acero, base granular, propiedades mecánicas, ensayo CBR.

ABSTRACT

In many Civil Engineering projects related to road construction, maintenance and rehabilitation, large quantities of granular materials extracted from quarries or riverbeds are used, this excessive exploitation generates a negative environmental impact. In that sense, the objective of the present investigation is to determine the mechanical properties of a granular quarry base incorporating steel slag, by means of the CBR test; Since steel slag is a steel waste that is generated in large quantities and according to various studies and applications, it is potentially reusable as a granular material, since the results indicate that steel slag is a good stabilizer. The granular base analyzed in this research, of an experimental type, is from the Yauri quarry in Chicama, while being the study population; of which 18 samples were taken and grouped equally into 6 study groups (1 control group and 5 experimental groups with slag incorporated in 5%, 10%, 15%, 20% and 25% respectively) to be tested of modified proctor and CBR, following the protocols of the ASTM standards and the Material Testing Manual of our country. As a result, the mechanical properties of the control group were: an MDD (maximum dry density) of 2.028 g/cm^3 and a CBR of 108.53%; As for the experimental groups, a slight increase was observed when incorporating 5% slag, but there is no significant difference, this can be noticed from 10% to 25% with an increasing trend, reaching at most: an MDS of 2.196 g/cm^3 and a CBR of 123.68%. In addition, to give greater validity to the present investigation, a statistical analysis of the results was applied applying the Anova test with the SPSS software, resulting that the mechanical properties with the incorporation of slag in the granular base vary according to the percentage incorporated, according to with our results. Concluding that steel slag favorably increases the mechanical properties of a granular base, its use as an aggregate in road projects is feasible.

Keywords: steel slag, granular base, mechanical properties, CBR test.

I. INTRODUCCIÓN

En las obras concernientes al campo de la Ingeniería Civil, especialmente las relacionadas con las vías de comunicación terrestre, se emplean grandes cantidades de materiales granulares extraídas de canteras o cauces de los ríos, lo que afecta no solo las condiciones del suelo natural debido a la explotación de este recurso natural no renovable, sino que también genera una pérdida de la biodiversidad y afecta la calidad del aire por la generación de emisiones en el proceso de extracción (Corporación Aceros Arequipa S.A., 2018).

Así también, el acero es un metal que es utilizado con mayor frecuencia alrededor del mundo, como: puentes, edificios, casas, torres de electricidad, hidroeléctricas, fábricas y muchas otras aplicaciones; siendo, entonces, la siderurgia una de las industrias más desarrolladas en los últimos tiempos (Zelada, 2016). En tal sentido, la Asociación Mundial del Acero (2018) estimó que la producción total de acero crudo fue aproximadamente 1690 millones de toneladas, de las cuales el Perú produjo 1.207 millones ocupando el cuarto lugar a nivel de Sudamérica. Por su parte, el MINCETUR (2018) indica que el Perú consume anualmente poco más de tres millones de toneladas de acero, de los cuales, 51% son importaciones (1.54 millones) y 49% producción nacional (1.46 millones); también menciona que la industria peruana de acero está conformada por dos empresas: Corporación Aceros Arequipa y SIDERPERÚ, las cuales procesan el acero mediante hornos de arcos eléctricos. De las estadísticas descritas y teniendo en cuenta que la producción de acero aumenta a cada año, podemos inferir que los residuos son directamente proporcionales y a pesar de los controles operacionales en sus procesos, su generación permanece en cantidades significativas, siendo la escoria de acero una de ellas y que a la vez es potencialmente reaprovechable.

Es así, que se propone relacionar estas dos problemáticas tratando de brindar una solución que permita la integración amigable con el medio ambiente, de tal manera que la escoria de acero sea usada como agregado en las capas granulares de vías pavimentadas y no pavimentadas, ya que según estudios realizados anteriormente, esta presenta las características adecuadas para tal fin e inclusive llegando a mejorar sus propiedades; logrando además, disminuir la explotación de nuestros recursos naturales y a la vez dándole una utilidad práctica a este residuo siderúrgico. Es por tal motivo que, para la elaboración del presente proyecto se tomaron como referencias antecedentes teóricos, bibliografía donde se presentan experiencias y propuestas del mejoramiento de la resistencia de una base

granular, mediante el ensayo CBR, así como también temas de investigación relacionados con la carrera de ingeniería civil; los cuales se muestran a continuación:

Para Gallegos y Paredes (2019), en su investigación internacional titulada: “Modificación de las propiedades mecánicas de una base granular mediante la incorporación de escoria de acero a través del ensayo CBR. Caso de estudio mina San Antonio”. El objetivo general era modificar las propiedades mecánicas de una base granular combinada con diversos porcentajes de escoria de acero mediante la determinación del índice de CBR. Llegando a concluir que la densidad seca óptima aumenta conforme se incrementa el porcentaje de escoria, sin embargo, la humedad óptima no presenta el mismo comportamiento ya que ésta disminuye, también establecieron un valor máximo de 25% como porcentaje óptimo de escoria para ser usado como estabilizante en el mejoramiento de bases granulares.

Rondón, Muniz y Reyes (2018), en su artículo científico internacional: “Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión”. Se plantearon como objetivo presentar una revisión del estado del conocimiento del empleo de escorias de alto horno (BFS) y acero (SS) en la producción de mezclas asfálticas. En base a la revisión bibliográfica realizada, concluyeron que desde el punto de vista técnico y ambiental las escorias BFS y SS presentan un amplio potencial para ser empleados como sustitutos de agregados pétreos en mezclas asfálticas, mencionando que en la actualidad se emplean en diversos países para tal fin; además que, en la mayoría de estudios, ambas escorias cumplen con los requisitos mínimos de calidad exigidos para materiales granulares en proyectos viales.

Así también Rondón et al. (2018), en su artículo científico internacional: “Characterization of blast furnace slag for road projects”. Tenían por objetivo evaluar el potencial uso de una escoria de alto horno (BFS) como material de capas granulares no tratadas en pavimentos (base, subbase y afirmado), y como agregado pétreo en mezclas asfálticas. Por ello realizaron ensayos químicos y de caracterización en la BFS. Llegando a concluir que la BFS puede ser usada en la conformación de capas de subbase, en capas de base para vías con bajo volumen de tráfico o con capas asfálticas gruesas, como material de afirmado en vías terciarias de tráfico liviano y, por último, no se recomienda su uso como agregado en mezclas asfálticas.

De acuerdo a Sánchez (2016), en su artículo científico internacional: “Estado del Arte sobre las Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico y su Aplicaciones en Pavimentos”. Se propuso por objetivo presentar el estado del arte del estudio de las escorias negras de horno

de arco eléctrico (ENHAE), con fines de uso en la construcción y pavimentos viales. Luego de recopilar información proveniente de diferentes países, pudo observar que las escorias negras poseen buenas propiedades de resistencia al desgaste por abrasión (< al 35%) y CBR superiores al 100%; aceptando la posibilidad de usarlas controladamente en capas granulares, en capas asfálticas y hasta en mezclas de concreto hidráulico para pavimentos.

En el plano nacional, según Pacheco (2019), en su tesis titulada: “Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas”. El objetivo general fue aplicar el cloruro de calcio con material de afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas. En su trabajo utilizó como estabilizante el producto QUIM KD-40 en dosificaciones de 10%, 30% y 50% para evaluar la capacidad de soporte mediante el ensayo de CBR. Con los resultados obtenidos, llegó a concluir que el porcentaje óptimo de cloruro de calcio es del 10% para estabilizar el material de las canteras en estudio (Tres Tomas y La Victoria), dado que generaron los mayores incrementos en el valor del índice de CBR.

De acuerdo a Figueroa y Mamani (2019), en su tesis titulada: “Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales”. Se plantearon como objetivo general proponer un diseño de afirmado basado en escorias negras como material de sustitución y comprobar que ese diseño cumpla con los requerimientos de la norma E-0.50 del R.N.E. y los manuales del M.T.C. Por lo que analizaron los componentes y materiales a usar en su diseño mediante ensayos de laboratorio normados, luego de obtener cumplimiento en los resultados, diseñaron una propuesta de afirmado, en base a escorias negras, para zonas rurales de bajo tránsito. Concluyeron en un espesor de 15 cm de afirmado y aceptar la viabilidad de emplear escorias negras siderúrgicas.

Para Cárdenas (2018), en su tesis titulada: “Mejoramiento de la Base Granular adicionando estabilizador Químico CON-AID CBR Plus en Carretera Juliaca – Limite Bolivia. Km 210+750 – 263+000. Departamento de Puno”. Su objetivo general fue evaluar la incidencia de aplicar el aditivo CON – AID CBR Plus para la optimización de las características del suelo para la base del pavimento flexible en el tramo Km 210+750 – 263+000 de la carretera en estudio. En su estudio optó por adicionar el aditivo en dosificaciones de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% con la finalidad de encontrar el valor óptimo que mejore las propiedades mecánicas del suelo estudiado. Como conclusión, afirma que: el aditivo mejora notoriamente la

capacidad de soporte del suelo y que la dosificación ideal es de 1.0% exclusivamente para suelos arcillo/limosos.

Vásquez y Manrique (2018) en su tesis titulada: “Sub base y base tratada con incorporación de cemento portland tipo I, en carretera Cállic Luya Lamud, Chachapoyas – Amazonas 2018”. Plantearon como objetivo general determinar la influencia al incorporar cemento portland tipo I, en el aporte estructural de la sub base y base del pavimento de la carretera en estudio. Con los resultados obtenidos llegaron a la conclusión de que existe influencia en el aporte estructural de las capas base y sub base del pavimento de la carretera en cuestión; puesto que, mediante la incorporación de este cemento, aumentaron los valores de la densidad seca y del índice de CBR en contraste con los del material granular sin el cemento adicionado, lo que se traduce en una mejora del pavimento investigado.

De acuerdo a Ccoillo (2017), en su tesis titulada: “Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria La Molina - 2016”. Tuvo por objetivo general determinar la influencia de los suelos con escoria de altos hornos en el comportamiento de la subrasante en pavimentos flexibles de la universidad antes mencionada. Luego del desarrollo de los ensayos, el autor llegó a concluir que la máxima densidad aumenta, pero el óptimo contenido de humedad disminuye conforme se adiciona mayor porcentaje de escoria al suelo analizado; asimismo, se incrementa el valor del índice CBR y disminuye el porcentaje de expansión. Con lo cual queda demostrado que la escoria aporta una mejora en la resistencia del suelo estudiado.

Así también Contreras y Herrera (2015), en su tesis titulada: “Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa – Ancash”. Tuvieron como objetivo general mejorar el agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructuras de pavimentos. Para ello, los agregados reciclados se combinaron con los naturales en diferentes proporciones y cumplir con los requerimientos para bases y sub-bases comprendidos en las secciones 403 y 402 del Manual de Carreteras EG-2013. Finalmente pudieron concluir que al mejorar el agregado reciclado se logra cumplir las propiedades y requisitos de resistencia normadas, ya que así lo demuestran los resultados de las muestras mejoradas; por ende, se pueden usar como material para bases y sub-bases de pavimentos.

A nivel local, según Neri (2018), en su tesis titulada: “Calidad del material de base y subbase para vías pavimentadas, en tres canteras de la provincia de Trujillo, 2018”. El objetivo general fue determinar la calidad del material proveniente de las canteras de la provincia de Trujillo, utilizado para capas de base y subbase de pavimentos. Para el desarrollo de su investigación tomó como parámetros de calidad, los requerimientos mínimos para base y subbase indicados en las secciones 403 y 402 del Manual de Carreteras EG-2013. Conforme a los resultados, llegó a concluir que las canteras en estudio ofrecen agregado de calidad para material de subbase; por el contrario, los agregados no cumplen con las solicitudes para material de base, por ende, no son aptos para ser usados con esa finalidad.

Ahora bien, para tener un mejor entendimiento de la presente investigación, es necesario conocer y comprender ciertos conceptos y/o teorías que tienen incidencia en la misma, dichos conceptos se describen en los párrafos siguientes:

El acero es un material, producto de una aleación, cuyo principal componente es el hierro y su contenido de carbono comúnmente es inferior al 2% (Corporación Aceros Arequipa S.A., 2007). Ahondando, Boza (2011) sostiene que la escoria es un subproducto de la industria de acero conformada principalmente por elementos como: calcio, hierro y silicato de magnesio; que se genera en los procesos de formación de los metales debido a las reacciones químicas. Por su parte Ortega (2011) nos menciona que la clasificación de la escoria viene dada según el proceso de obtención del hierro y acero, clasificándolas en: escoria de alto horno (BF), escoria de convertidor de oxígeno (BOF) y escoria de horno de arco eléctrico. A continuación, se describen las características principales de cada uno de estos procesos, con la finalidad de una mejor explicación sobre la obtención de escoria de acero.

Escoria de Alto Horno (BF), esta escoria se forma a partir de la fusión de impurezas de minerales agregados al proceso de producción con el fin de separar los óxidos que permiten la elaboración del acero, la extracción de la escoria líquida se hace aproximadamente a 1400°C (Reyes y Camacho, 2003). Asimismo, Ortega (2011) indican que la escoria de alto horno tiene una composición mineralógica uniforme, conformada mayormente por silicatos cálcicos y dependiendo de la temperatura de enfriamiento se han logrado obtener tres tipos de escorias siderúrgicas: escoria granulada, este tipo de escoria se enfría a gran velocidad con el uso de agua, siendo utilizada como aditivo para la elaboración de cemento Portland y como agregados en las capas de pavimentos (Ochoa, Grimaldo, Orjuela y Muñoz; 2018) y

concretos (Gaedicke, Marines, Mata y Miankodila; 2015); escoria foamy, esta escoria es enfriada lentamente con pequeñas cantidades de agua y es empleada como material base para plataformas en la construcción de carreteras; escoria cristalina, esta escoria tiene una estructura cristalizada y es enfriada al contacto con el aire, también es usada como material para bases y sub bases de plataformas en la construcción de carreteras.

Escoria de Convertidor de Oxígeno (BOF), esta escoria se produce durante el proceso de transformación del arrabio procedente del alto horno de acero; el arrabio reacciona con cal, silicatos, óxidos de aluminio, óxidos de manganeso, óxidos de magnesio y ferritas dependiendo de la calidad del acero producido (López, Ochoa y Grimaldo; 2018). Según Ortega (2011), esta técnica genera la producción de 80 a 120 kg de escoria por cada tonelada de acero y los diferentes tipos de tecnología utilizados en la fabricación de esta escoria no contribuyen en la cantidad de escoria producida, pero si pueden alterar la composición mineralógica de este tipo de escoria. Además, mencionan que este tipo de escoria se puede emplear para mejorar y corregir suelos agrícolas, en la construcción de pavimentos de carreteras, principalmente las capas de rodadura ya que brinda como resultado una resistencia al desgaste y densidad elevada; sin embargo, se requiere tener cierto cuidado y control, ya que, según ensayos realizados, esta escoria tiene un comportamiento expansivo por la presencia de cal (CaO) y magnesia (MgO).

Escoria de horno de arco eléctrico (EAF), es producto de un acero de alta aleación, cuyos principales componentes son el silicato de calcio y cromo, siendo en su mayoría de dos tipos: negras (oxidantes y reductoras) y blancas; esta nomenclatura se debe a las dos etapas de su producción que son: fusión (marcha oxidante) y afinado (marcha reductora) (Boza, 2011). Así también, Ortega (2011) indica que la escoria blanca, presenta un color blanquecino cenizo y tiene una apariencia pulverulenta, ya que tiene pequeñas partículas milimétricas de acero color metálico y está compuesta por una alta cantidad de finos, producto del proceso de pulverización del silicato bicálcico que resulta del enfriamiento de la escoria. Los componentes de esta escoria son: el sílice, aluminio, cal y magnesita; además también suelen aparecer concentraciones de hierro, magnesio, titanio, fosforo, níquel, cobre, zinc, mercurio y plomo, los cuales son perjudiciales para la misma, debido a su naturaleza contaminante. En cuanto a la escoria negra, Ortega (2011) sostiene que presenta una gran fluidez y por la alta temperatura a la que es expuesta genera un aumento en la viscosidad y en su solidificación, dado que es el resultado de la primera fase del proceso de obtención de escoria

y está conformada por óxido de hierro, aluminio, calcio y silicio, generando un volumen mayor que la escoria blanca; además, la escoria negra enfriada al aire muestra un color grisáceo y la escoria enfriada con agua presenta un color mucho más claro. Por su parte, Cuásquer y Altamirano (2015) mencionan que la escoria negra también es un material compuesto de aleaciones ferrosas resultado de la fundición de chatarra para la producción de acero, siendo las más resaltantes: trióxido de titanio y hierro (FeTiO_3), óxido de magnesio (MgO), trióxido de carbono, trióxido de magnesio (MgCO_3) y óxido de hierro (FeO).

En general, las escorias siderúrgicas han tenido bastante participación alrededor del mundo, siendo empleadas, como ya se ha mencionado, en diferentes aspectos de la construcción y pavimentos, además de proyectos de reutilización como: estabilización de suelos en compañía de cenizas volantes y cal (James, Graham, Nagarathinam, Thaniyarasu y Madhu; 2018), mezclas asfálticas con escorias de cobre y pavimentos asfálticos reciclados (Raposeiras, Movilla, Vargas, Bilbao y Cifuentes; 2017), entre otras.

Un aspecto fundamental en medios de transporte terrestre son las vías que conectan a las diferentes ciudades dentro y fuera de un país; dentro de las cuales tenemos a las pavimentadas. Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (2014), el Pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos de los vehículos, mejorando las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Generalmente, está conformado por las capas de subbase, base y capa de rodadura; dependiendo de los materiales y la capa de rodadura, se puede diferenciar tres tipos de pavimentos: flexibles, semirrígidos y rígidos. Al respecto, Thenoux y Gaete (1995) opinan que el tipo de pavimento a elegir debe responder a un diseño que brinde resultados favorables ante futuras evaluaciones técnicas del mismo.

El Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013 (2013) indica que los materiales granulares empleados como capas anticontaminantes, subbases y bases granulares, con o sin estabilizadores, son provenientes de canteras, excavaciones, escorias metálicas y/o trituración de rocas o gravas, los cuales deben cumplir los requisitos vigentes de granulometría, calidad y resistencia que exigen las normas y manuales de carreteras, estos requisitos son establecidos en el Expediente Técnico y aprobados por el Supervisor de la obra. Además, los ensayos que se realizan al material

granular deben seguir los procedimientos del vigente Manual de ensayo de Materiales para Carreteras del MTC y sirven para analizar sus características físicas, químicas y mecánicas.

Los materiales para la capa de base granular deben satisfacer con los requerimientos y especificaciones de calidad según el Manual de Carreteras EG-2013. En tal sentido, se debe cumplir, en primera instancia, con los requerimientos granulométricos para base granular indicados más adelante en el Cuadro 25 y con el requerimiento de CBR, referido al 100% de la Máxima Densidad Seca (MDS) y una penetración de carga de 0.1”, el cual exige un valor mínimo de 80% cuando el tráfico en ejes equivalentes es menor a 10^6 y un valor de 100% cuando el tráfico es igual o mayor a 10^6 . Además, se debe cumplir con los ensayos especiales requeridos para el agregado grueso (Partículas con una cara y dos caras fracturadas, Abrasión Los Ángeles, Partículas chatas y alargadas, Sales solubles totales y Durabilidad al sulfato de magnesio) y agregado fino (Índice plástico, Equivalente de arena, Sales Solubles y Durabilidad al sulfato de magnesio) los cuales se muestran, en líneas posteriores, en los Cuadros 27 y 28 respectivamente.

Todos los requisitos mencionados en el párrafo anterior, difícilmente son cumplidos por los materiales granulares, por lo que las normas aceptan el uso de diferentes tipos de estabilizaciones con la finalidad de mejorar las propiedades de los materiales granulares que conforman las capas de un pavimento. Adicionalmente a los métodos de estabilización ya conocidos, se han efectuado, en diferentes países, estudios con diferentes materiales, que buscan mejorar las características de las capas de los pavimentos, entre los que podemos resaltar: relleno fluido para subbases y bases granulares (Santaella y Salamanca, 2002), mezclas asfálticas recicladas en capas granulares (Guio y Sánchez, 2014), inclusión de desecho de PVC en una subbase granular (Rodríguez, Rondón, Vélez y Aguirre; 2006), etc.

Habiendo mencionado que los materiales que conforman una base granular deben cumplir los requerimientos mínimos de los ensayos estipulados en el Manual de Carreteras: EG-2013, también es necesario comprender que, dependiendo de cada ensayo, se puede determinar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los materiales. De esta manera, si se quiere conocer las propiedades físicas se debe realizar los ensayos que permitan la caracterización del material hasta llegar a identificar el tipo de suelo (según SUCS y/o AASHTO); si se quiere conocer las propiedades químicas se deben realizar los ensayos de: Sales solubles totales y Durabilidad al sulfato de magnesio; por último, si se quiere conocer

las propiedades mecánicas se deben realizar los ensayos de: Abrasión Los Ángeles, Proctor modificado y CBR de laboratorio (GMI S.A. Ingenieros Consultores, 2010).

En diferentes proyectos, obras e investigaciones de vías pavimentadas o no pavimentadas, es de suma importancia las propiedades mecánicas de las capas que las conforman, ya que permiten determinar la resistencia o comportamiento, de las mismas, frente a solicitaciones de cargas (GMI S.A. Ingenieros Consultores, 2010). Por ejemplo, tenemos a: Martínez et al. (2018) que realizaron una evaluación de las propiedades mecánicas de mezclas asfálticas convencionales y también modificadas con grano de caucho reciclado; Reyes, Porras y Rodríguez (2001) quienes, empleando aceite quemado, mejoraron la resistencia mecánica y densidad máxima de algunas bases y subbases granulares; García, Delgado y Campos (2018) evaluaron las propiedades mecánicas de una base estabilizada con asfalto espumado.

Dado que el valor del índice de CBR ocupa un papel fundamental al hablar de las propiedades mecánicas de un suelo y/o capas de las infraestructuras viales, se debe tener claro su significado y propósito. En tal sentido, Portilla y Pillajo (2001) afirman que el ensayo CBR (California Bearing Ratio) sirve para obtener el valor de la relación de soporte de California, el cual nos permite evaluar la resistencia al corte de un suelo que se encuentra en condiciones de densidad y humedad previamente controladas; asimismo, el valor calculado depende de las condiciones en que se encuentre el material cuando se realice el ensayo, por ello, no es posible tener un valor constante para cada tipo de suelo. Por su parte Morla y Vargas (2009) indican que fue James Porter quién inventó este método, lo realizó como parte de una investigación acerca de las fallas de las carreteras que formaban parte del estado de California; mediante la investigación, Porter pudo llegar a la conclusión de que las fallas eran producto de un mal proceso de compactación; esta deficiencia provocaba la deformación de la subrasante de la vía ante la acción de las cargas del tránsito vehicular.

El valor relativo de soporte (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad rigurosamente controladas; este valor se determina mediante el ensayo CBR y a su vez permite inferir el módulo resiliente. Asimismo, las condiciones controladas de densidad y humedad, se logran gracias a los valores de la Máxima Densidad Seca (MDS) y el Óptimo Contenido de humedad (OCH), obtenidos del ensayo de Proctor modificado (GMI S.A. Ingenieros Consultores, 2010).

Así también, la norma MTC E 132 del Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras (2016), describe el procedimiento del ensayo CBR y menciona que este ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial, mediante la capacidad de soporte, de las capas de subrasante, subbase y base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y campos de aterrizaje. Además, indica que este método calcula el porcentaje de expansión generada en la etapa de inmersión; así como el valor de la relación de soporte (Índice CBR) dado por la relación entre la carga unitaria requerida para penetrar la muestra con un pistón de área 19.35 cm^2 , y una carga patrón necesaria para penetrar la misma profundidad en una muestra estándar, expresada en porcentaje. Las características de la muestra patrón son: una presión de 1000 lb/plg^2 (6.90 MN/m^2 ó 70.31 kgf/cm^2) para una penetración de 0.1” y una presión de 1500 lb/plg^2 (10.35 MN/m^2 ó 105.46 kgf/cm^2) para una penetración de 0.2”.

Luego de haber descrito, en los párrafos anteriores, información relacionada con la presente investigación y teniendo en cuenta la realidad problemática descrita en el presente estudio, se llegó a la siguiente formulación del problema: ¿Cuál es el efecto en las propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR – Cantera Yauri, Chicama, 2019?

Asimismo, cabe resaltar la importancia que tiene la justificación de la presente investigación, en tal sentido hemos creído conveniente enfocarnos en 4 aspectos importantes a resaltar en cualquier proyecto de esta índole; así pues, presentamos los siguientes:

Socialmente, aportando una propuesta en cuanto a la mejora en las propiedades mecánicas de una base granular de cantera al incorporar escoria de acero, brindando así una serie de recomendaciones para obtener una mayor calidad del material que conforma la capa de base granular y en consecuencia un mejor estado de nuestros pistas y carreteras cuando se decida utilizar esta alternativa en el diseño y ejecución de futuros proyectos; asimismo se espera despertar el interés de todas aquellas entidades públicas y privadas relacionadas con el diseño y construcción de vías pavimentadas.

Económicamente, puesto que la posible incorporación de escoria de acero en una base granular de cantera podría reducir el costo de la construcción de las vías pavimentadas ya que ante el caso de no cumplir con los requerimientos del material para base granular se considere esta alternativa menos costosa que el uso de productos químicos para cumplir con dichos requisitos, además, en el esperado caso de que la escoria de acero tenga un resultado

favorable al aumentar notoriamente las propiedades mecánicas de la base granular, se puede proponer una modificación en el diseño de la estructura del pavimento, como por ejemplo disminuyendo los espesores de las capas de material granular, logrando aminorar costos en cuanto al volumen de material requerido para estas capas.

Técnicamente, debido a que existen normativas técnicas vigentes (Manual de Carreteras: EG – 2013 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC) que permiten evaluar la calidad y requerimientos que deben cumplir los materiales que conforman una base granular con la finalidad de poder ser usada como parte de un pavimento en el diseño de proyectos de carreteras y/o pistas de nuestro país.

Desde el punto de vista ambiental, también permite una integración solidaria con el medio ambiente, ya que la escoria de acero es un material inerte derivado de la fabricación de elementos de acero y que en vez de ser desechado y generar mayor cantidad de basura, puede ser reciclado y reutilizado como uno de los componentes que conforman las capas granulares de nuestras pistas y carreteras. Además, que al utilizar escoria de acero y no productos químicos con el fin de mejorar las propiedades de las capas granulares de nuestras vías pavimentadas, estamos contribuyendo a la conservación del medio ambiente.

Por consiguiente, para lograr ejecutar y desarrollar con éxito esta investigación fue necesario tener claro una serie de objetivos, tanto general como específicos, que contribuyen fundamentalmente con el presente trabajo; por tal razón, el objetivo general fue: Determinar las propiedades mecánicas de una base granular incorporando escoria de acero mediante el ensayo CBR – Cantera Yauri, Chicama, 2019. En tal sentido, fueron necesarios los siguientes objetivos específicos: realizar la estabilización de la escoria de acero, realizar el estudio de mecánica de suelos de la base granular, determinar, mediante los ensayos proctor modificado y CBR, las propiedades mecánicas de la base granular con la incorporación de escoria de acero en diferentes porcentajes y, por último, realizar el análisis estadístico de datos a través del software SPSS.

Finalmente, como una respuesta asertiva para la interrogante planteada en la formulación del problema, se propuso en esta investigación la siguiente hipótesis: La incorporación de escoria de acero en una base granular de la cantera “Yauri” de Chicama, 2019, genera un incremento favorable en sus propiedades mecánicas ante la aplicación del ensayo de CBR.

II. MÉTODO

2.1. Tipo y diseño de investigación

2.1.1. Tipo de investigación

Para identificar el tipo de investigación del presente trabajo, se tomaron en cuenta los siguientes cuatro aspectos:

- Según el enfoque o naturaleza es cuantitativa, ya que los datos recolectados y analizados fueron cuantificados numéricamente; por ello, según Hernández, Fernández y Baptista (2010, p. 4) este enfoque usa la recolección de datos en base a la medición numérica y el análisis estadístico.
- Según el nivel o carácter es experimental, porque se analizó un grupo de control en contraste con otros cinco grupos de estudio tratados de manera controlada al incorporarles escoria de acero; concordando así con Carrasco (2005, p. 42) quien menciona que en este nivel de investigación se aplica un nuevo modelo, tratamiento, programa, método o técnicas a los grupos de prueba.
- Según la finalidad es aplicada, ya que concuerda con lo postulado por Carrasco (2005, p. 43) al mencionar que este tipo de investigación tiene propósitos prácticos inmediatos para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad.
- Según la temporalidad es transversal, puesto que la investigación se desarrolló en un momento dado, no siendo necesaria la incidencia de los resultados que se tendrían cuando se realice al transcurrir del tiempo (Abanto, 2014, p. 23).

2.1.2. Diseño de investigación:

La investigación presenta un diseño experimental puro, debido a que se manipuló intencionalmente la variable independiente (incorporación de escoria de acero) para analizar los efectos en la variable dependiente (propiedades mecánicas de una base granular) dentro de situaciones controladas en laboratorio; asimismo se estudiaron con cinco grupos experimentales y un grupo de control; cumpliendo con lo mencionado por Hernández et al. (2010) y Carrasco (2005) cuando se refieren a este diseño de investigación. Por lo tanto, el esquema de diseño para esta investigación presenta la siguiente estructura:

RG_c	—	O_c
RG₁	X₁	O₁
RG₂	X₂	O₂
RG₃	X₃	O₃
RG₄	X₄	O₄
RG₅	X₅	O₅

Dónde:

G_c: Grupo de control conformado por 3 muestras de la base granular.

G₁, G₂, G₃, G₄, G₅: Grupos experimentales conformados por 3 muestras de base granular cada uno.

X₁, X₂, X₃, X₄, X₅: Incorporación de escoria de acero en 5%, 10%, 15%, 20% y 25% respectivamente.

O_c: Medición de las propiedades mecánicas de la base granular.

O₁, O₂, O₃, O₄, O₅: Medición de las propiedades mecánicas de la base granular con escoria de acero incorporada en 5%, 10%, 15%, 20% y 25% respectivamente.

2.2. Operacionalización de variables

Para Carrasco (2005, p. 225), antes de realizar el proceso de operacionalización de variables, es necesario identificar la(s) variable(s) que se trabajan en la investigación y determinar cuál es la independiente y cuál la dependiente. Es por tal motivo que para este trabajo se identificaron las siguientes:

- **Variable independiente:**
Incorporación de escoria de acero
- **Variable dependiente:**
Propiedades mecánicas de una base granular

A continuación, se presenta la matriz de operacionalización de variables:

Cuadro 1. Matriz de Operacionalización de variables.

VARIABLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	Incorporación de escoria de acero	Proceso de mezclado de escoria de acero en la muestra de base granular, tratando en lo posible que se encuentre muy bien distribuida (Gallegos y Paredes, 2019, p. 46).	Se incorporó la escoria de acero mediante partes porcentuales de 5%, 10%, 15%, 20% y 25 % en la base granular de cantera.	Estabilización de la escoria de acero	Clasificación de la escoria de acero	Nominal
					Análisis Granulométrico de la escoria de acero	Razón
					Porcentaje de escoria 5%, 10%, 15%, 20% y 25%	Razón
Variable Dependiente	Propiedades mecánicas de una base granular	Son aquellas características, resultantes de ensayos normados, que permiten determinar la resistencia de los suelos (en este caso base granular) o su comportamiento frente a las solicitaciones de cargas (GMI S.A. Ingenieros Consultores, 2010, p. 9).	Se utilizaron las técnicas y procedimientos experimentales de los ensayos proctor modificado y CBR de laboratorio para luego realizar una comparación de los resultados y también con los requerimientos que exigen las normas de diseño.	Estudio de mecánica de suelos de la base granular	Análisis Granulométrico de agregados	Razón
					Abrasión Los Ángeles	Razón
					Durabilidad al sulfato de magnesio	Razón
					Equivalente de arena	Razón
					Partículas fracturadas en el agregado grueso	Razón
					Partículas chatas y alargadas	Razón
					Sales Solubles totales	Razón
					Proctor modificado	Razón
				CBR de laboratorio	Razón	
				Propiedades mecánicas base granular modificada	Proctor modificado	Razón
					CBR de laboratorio	Razón
				Análisis Estadístico	Prueba de Normalidad	Razón
					Prueba ANOVA	Razón
Comparación de resultados	Razón					

Fuente: elaboración propia, 2019.

2.3. Población, muestra y muestreo

2.3.1. Población

Según Abanto (2014, p. 44) se denomina población a la totalidad de individuos a quienes se generalizarán los resultados del estudio, delimitados por características comunes en un espacio y tiempo determinados. Por lo tanto, en la presente investigación se consideró como población al material para base granular proveniente de la cantera Yauri de Chicama.

2.3.2. Muestra

El tamaño de la muestra en esta investigación estuvo constituido por 18 unidades de análisis (muestras de base granular) para la aplicación del ensayo CBR, las cuales se agruparon equitativamente en 6 grupos de estudio conformados de la siguiente manera:

- Base granular de la cantera en estudio: 3 muestras.
- Base granular con 5% de incorporación de escoria de acero: 3 muestras.
- Base granular con 10% de incorporación de escoria de acero: 3 muestras.
- Base granular con 15% de incorporación de escoria de acero: 3 muestras.
- Base granular con 20% de incorporación de escoria de acero: 3 muestras.
- Base granular con 25% de incorporación de escoria de acero: 3 muestras.

2.3.3. Muestreo

Debido a que el tamaño de la muestra fue establecido por los autores y no se empleó una fórmula de tamaño muestral, entonces podemos afirmar que para este trabajo se utilizó un muestreo no probabilístico por conveniencia; además se usó el criterio de selección por inclusión, dado que todas las muestras en análisis cumplieron con los requerimientos granulométricos para base granular indicados en el Manual de Carreteras EG - 2013.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

2.4.1. Técnicas

Entre las técnicas usadas se encuentran: la observación y la experimentación; ya que, al realizar los ensayos requeridos de mecánica de suelos, sirvieron para registrar las características y datos que presentaba la base granular en estudio,

además, conforme avanzaba la investigación también se pudieron registrar los cambios que se generaban en la base granular al incorporarle la escoria de acero.

2.4.2. Instrumentos

Se realizaron los ensayos correspondientes al estudio de mecánica de suelos requeridos para medir las propiedades del material para base granular, registrando los datos con ayuda de los protocolos estandarizados por la norma ASTM adaptada a nuestro país en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC (2016).

Por lo tanto, los instrumentos empleados fueron las normas siguientes:

- ASTM D 422 “Análisis granulométrico por tamizado” (MTC E 107)
- ASTM C 131 “Abrasión Los Ángeles” (MTC E 207)
- ASTM C 88 “Durabilidad al sulfato de sodio y magnesio” (MTC E 209)
- ASTM D 2419 “Valor equivalente de arena de suelos” (MTC E 114)
- ASTM D 5821 “Partículas fracturadas en el agregado grueso” (MTC E 210)
- ASTM D 4791 “Partículas chatas y alargadas en agregados” (MTC E 223)
- ASTM D 1888 “Sales Solubles en agregados para pavimentos” (MTC E 219)
- ASTM D 1557 “Proctor modificado” (MTC E 115)
- ASTM D 1883 “CBR de laboratorio” (MTC E 132)

2.4.3. Validez y confiabilidad del instrumento

Todos los instrumentos usados en la presente investigación (ensayos de laboratorio normados) se ejecutaron en el Laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad César Vallejo; el cual está certificado para validar los resultados de dichos ensayos; además de contar con los equipos e instrumentos necesarios y calibrados para los ensayos requeridos, además de contar con especialistas en el tema, los cuales nos apoyaron en la realización de los ensayos, cumpliendo con la normatividad vigente. Asimismo, en cuanto a la confiabilidad, se pudo observar que los resultados obtenidos presentaban poca diferencia en cada grupo de estudio, además se realizó un análisis estadístico con el software SPSS para respaldar la confiabilidad de los instrumentos de la investigación.

2.5. Procedimiento

Para la recolección de la información y datos en estudio se utilizaron ciertos ensayos de laboratorio (ASTM y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC), como la

granulometría de la escoria de acero y del material proveniente de la cantera, contenido de humedad, ensayos especiales para el agregado grueso y agregado fino, proctor modificado y CBR de laboratorio; con el fin de verificar el cumplimiento requerido para ser considerado apto como base granular (EG – 2013), luego se incorporó escoria de acero en cantidades porcentuales de 5%, 10%, 15%, 20% y 25% para volver a realizar los ensayos de proctor modificado y CBR, esperando obtener mejores resultados de las propiedades mecánicas en comparación con la base granular sin la incorporación de escoria de acero; estos ensayos de laboratorio fueron realizados y controlados siguiendo lo estipulado en las normas correspondientes y bajo la guía y supervisión de personal especializado y de amplia experiencia en la materia. Por último, se realizó el análisis estadístico de los grupos de estudio con ayuda del software estadístico SPSS.

2.6. Método de análisis de datos

Se usaron softwares especializados, los cuales van acorde a la participación y contribución en el presente proyecto, entre los que destacan: Google Earth para la ubicación de la cantera en estudio; Microsoft Office Word para elaborar y presentar, bajo este formato, el informe de investigación. Asimismo, los datos y/o resultados obtenidos se analizaron mediante cuadros, gráficos estadísticos y con ayuda del software Microsoft Office Excel, con la finalidad de interpretar los datos de laboratorio y comparar los resultados, logrando determinar cuáles de ellos son los más favorables. Adicionalmente se realizó un análisis estadístico de los resultados a través del software SPSS con la intención de medir la diferencia significativa de los grupos de estudio.

2.7. Aspectos éticos

La presente investigación se realizó de manera adecuada y siguiendo los procedimientos indicados en la normatividad vigente (ASTM y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC) en cuanto a los ensayos de materiales de nuestras variables de estudio, haciendo uso responsable de los equipos e instrumentos necesarios para la recolección de los datos y respetando los protocolos de seguridad establecidos en los laboratorios de la Universidad César Vallejo. Por lo tanto, los datos y resultados obtenidos y mostrados son reales y verídicos sin ningún tipo de manipulación, demostrando de esta manera la responsabilidad y ética profesional por parte de los investigadores.

III. RESULTADOS

Esta sección contiene los datos y resultados de los ensayos en laboratorio de la base granular, la escoria de acero y la mezcla de base/escoria. Estos ensayos están relacionados primordialmente con la caracterización de la escoria y de la base granular; entre los que se puede mencionar a los siguientes: análisis granulométrico, abrasión, desgaste a los sulfatos, equivalente de arena, etc. Puesto que nos importa determinar el valor de las propiedades mecánicas de la base granular y la mezcla base/escoria; se han realizado ensayo de proctor modificado y CBR de laboratorio. Finalmente determinaremos si los porcentajes de escoria incorporada son adecuados para el mejoramiento de la base granular.

3.1 Ubicación y descripción de la cantera

La cantera Yauri es la proveedora del material analizado en el presente trabajo. El área de la cantera se encuentra ubicada en Chicama, en las coordenadas 708337.21 Este, 9124496.17 Norte y con una altitud de 224 m, para tener acceso a esta cantera es necesario ingresar por el Noreste por la avenida Mansiche, continua por Av. Nicolás de Piérola, seguimos por la Av. José Gabriel Condorcanqui, continuamos por Av. Miguel Grau, continuamos recto, luego se toma la vía auxiliar a la Panamericana Norte / Carretera 1N y finalmente giramos a la derecha con dirección a la cantera Yauri.

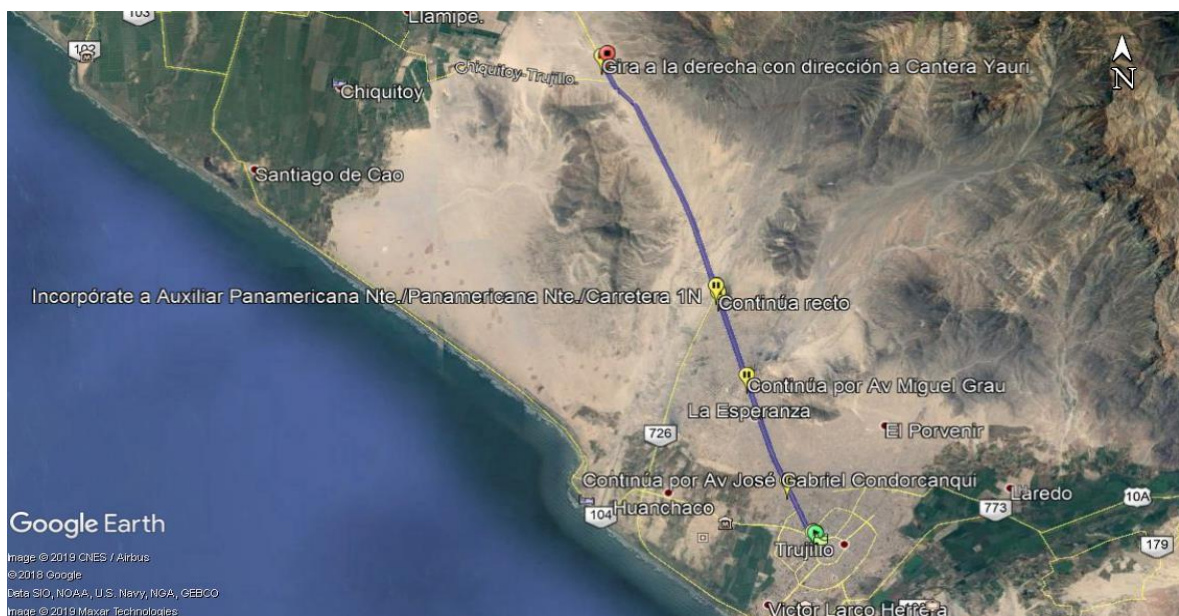


Gráfico 1. Ubicación geográfica de la cantera proveedora de base granular.

Fuente: (Google Earth, 2019)

3.2 Estabilización de la escoria de acero

3.2.1 Clasificación de la escoria de acero

La escoria utilizada en el presente trabajo es la escoria negra de alto horno eléctrico. A continuación, se describen las características físicas que presenta este material.

3.2.2 Análisis Granulométrico

3.2.2.1 Cálculos

Cuadro 2. Granulometría de la escoria de acero.

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso retenido	% Retenido	% Ret. Acumulado	% Pasa
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.050	54.20	2.71	2.71	97.29
1/2"	12.700	720.80	36.04	38.75	61.25
3/8"	9.525	444.20	22.21	60.96	39.04
1/4"	6.350	616.30	30.82	91.78	8.22
No 4	4.178	151.60	7.58	99.36	0.64
No 8	2.360	6.40	0.32	99.68	0.33
No 10	2.000	0.60	0.03	99.71	0.30
No 16	1.180	0.20	0.01	99.72	0.28
No 20	0.850	0.50	0.03	99.74	0.26
No 30	0.600	0.40	0.02	99.76	0.24
No 40	0.420	0.40	0.02	99.78	0.22
No 50	0.300	0.20	0.01	99.79	0.21
No 60	0.250	0.40	0.02	99.81	0.19
No 80	0.180	0.30	0.02	99.83	0.17
No 100	0.150	0.20	0.01	99.84	0.16
No 200	0.074	0.40	0.02	99.86	0.14
Plato		2.90	0.14	100.00	0.00
Sumatoria		2000.00	100.00		

Fuente: elaboración propia.

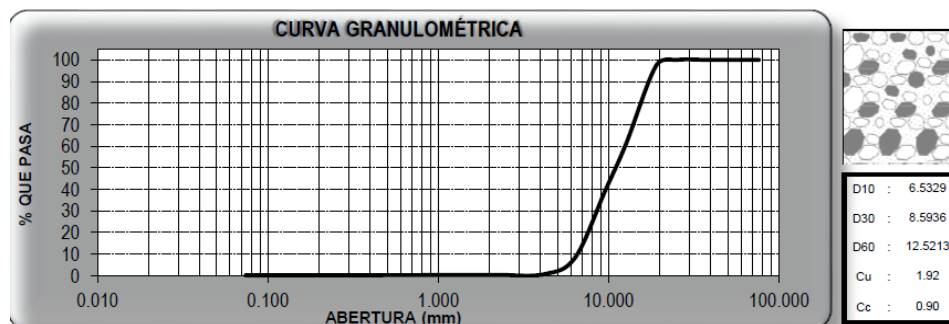


Gráfico 2. Curva granulométrica de la escoria de acero.

Fuente: elaboración propia.

3.2.2.2 Análisis de resultado

En el ensayo de granulometría de la escoria de acero obtuvimos como clasificación de la muestra SUCS un GP que quiere decir grava mal graduada y como clasificación AASHTO (A-1-a (o)) que quiere decir fragmento de roca, grava y arena/excelente a bueno. También obtuvimos un fino de 0.14%.

3.2.3 Dosificaciones a usar

La incorporación de escoria en la muestra de base granular, se ha realizado mediante partes porcentuales de 5%, 10%, 15%, 20%, 25%. Se ha tomado como valor máximo de escoria un porcentaje de 25% ya que los valores superiores representarían una gran cantidad de escoria para mejorar las propiedades del agregado. Los ensayos que se estudiaron con la incorporación de escoria para medir el cambio de las propiedades mecánicas de la base granular son dos: el ensayo de compactación proctor modificado y el ensayo CBR.

3.3 Estudio de mecánica de suelos de la base granular

3.3.1 Análisis Granulométrico

El material de la cual han sido extraídas las muestras se compone de áridos con diferente tamaño de partícula, en grado que se requiere de un análisis granulométrico para poder establecer la composición porcentual de los distintos tamaños de grano existentes en las muestras receptadas. El análisis granulométrico por tamizado es un proceso mediante el cual se pretende determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo (GMI S.A. Ingenieros Consultores, 2010, p. 7).

3.3.1.1 Cálculos

Cuadro 3. Análisis Granulométrico de la base granular.

MALLA N°	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO	(%) RETENIDO PARCIAL	(%) RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA (%)
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2 ½"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00
2 "	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2 "	38.100	78.67	3.93	3.93	96.07
1 "	25.400	521.60	26.08	30.01	69.99
3/4 "	19.050	369.00	18.45	48.46	51.54
1/2 "	12.700	171.84	8.59	57.06	42.94
3/8 "	9.525	79.02	3.95	61.01	38.99
1 /4"	6.350	100.72	5.04	66.04	33.96
4	4.178	32.85	1.64	67.69	32.32
8	2.360	100.65	5.03	72.72	27.28
10	2.000	22.76	1.14	73.86	26.14
16	1.180	47.60	2.38	76.24	23.76
20	0.850	38.03	1.90	78.14	21.86
30	0.600	60.45	3.02	81.16	18.84
40	0.420	12.81	0.64	81.80	18.20
50	0.300	24.21	1.21	83.01	16.99
60	0.250	31.30	1.57	84.58	15.42
80	0.180	86.84	4.34	88.92	11.08
100	0.150	71.22	3.56	92.48	7.52
200	0.074	98.81	4.94	97.42	2.58
<N°200		51.62	2.58	100.00	0.00
Total		2000.00	100.00		

Fuente: elaboración propia.

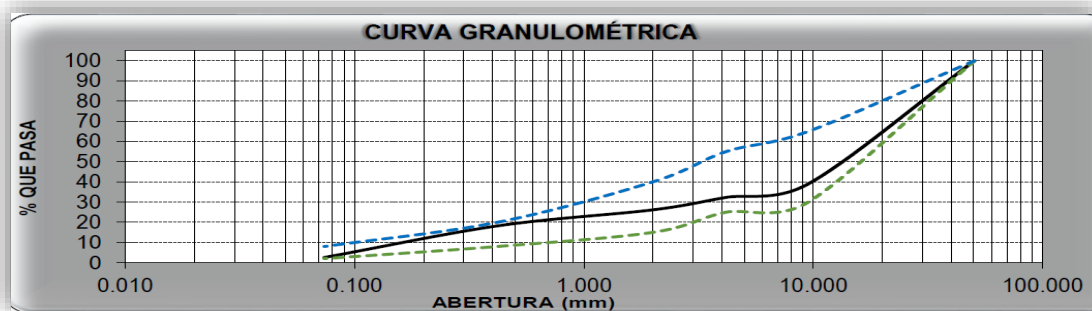


Gráfico 3. Curva granulométrica de la base granular de la cantera Yauri - Chicama.

Fuente: elaboración propia.

3.3.1.2 Análisis de resultado

Del ensayo de granulometría de la base granular extraída de la cantera Yauri, obtuvimos que el material granular cumple con los requerimientos granulométricos del Manual de Carreteras EG-2013. Con la clasificación SUCS como GW que significa grava bien graduada con arena, y dentro de la clasificación AASHTO como A-1-a (0) que significa fragmentos de roca, grava y arena /excelente a bueno. Se ha comparado los resultados que cumple dichas especificaciones estando dentro de las curvas granulométricas de la (gradación A). Obtuvimos como contenido de humedad 0.75 y un índice de plasticidad no plástico (NP).

3.3.2 Abrasión los Ángeles

La norma MTC E 207 denominada “Abrasión Los Ángeles (L.A.) al desgaste de los agregados de tamaño menores de 37,5 mm (1 ½)”, tiene como objetivo establecer el procedimiento para ensayar agregados gruesos para determinar la resistencia a la degradación utilizando la máquina de los ángeles. La reducción de masa que ha sido provocada por el desgaste del material, a causa del impacto recibido por un número de esferas de acero que se encuentran dentro de un tambor giratorio de metal. Este porcentaje de desgaste que posee el material, es calculado a la diferencia existente entre la masa inicial con la cual se comenzó el ensayo y la masa retenida sobre el tamiz en estado seco, luego de haber sido retirado de la máquina de los ángeles.

3.3.2.1 Cálculos

Cuadro 4. Abrasión de los Ángeles

ABERT. MALLA		Peso retenido	% Retenido	% Ret Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	Mm				
12	0.17	4244.80	84.90	84.90	15.10
Plato		755.15	15.10	100.00	84.90
Sumatoria		4999.95	100.00		

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 5. Porcentaje de pérdida de abrasión de los ángeles

PESO INICIAL	4999.95
PESO FINAL	755.15
% PERDIDA POR ABRASIÓN	15.10%

Fuente: elaboración propia.

3.3.2.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, si cumple dicha especificación de desgaste, ya que presenta un valor de 15.10% la cual es menor a 40% máximo estipulada en el manual de carreteras – EG-2013.

3.3.3 Durabilidad al sulfato de magnesio

La norma denominada MTC E 209 “Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio”, tiene como objetivo establecer un método de ensayo para determinar la resistencia de los agregados a la desintegración por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio. Este modo operativo es una medida a la desintegración de los agregados gruesos y finos por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio, durante no menos de 16 h ni más de 18 h, de tal manera que las soluciones cubran toda la muestra. Después del periodo de inmersión se saca la muestra de agregado de la solución y se coloca en el horno de secar. Se repite el proceso alternado de inmersión y secado hasta que se obtenga el número de ciclos requeridos.

3.3.3.1 Cálculos

Cuadro 6. Durabilidad de sulfato de magnesio del agregado grueso.

% PASA	% RETENIDO	Nº RECIPIENTE	PESOS DE ENSAYO (gr)		% DE PÉRDIDA DE ENSAYO	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PÉRDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUÉS			
2"	1 1/2"	D-1	3000.0	2998.0	0.07	23	0.02
1 1/2"	1"	D-2	2500.0	2498.8	0.05	11	0.01
1"	3/4"	D-3	2500.0	2430.5	2.78	14	0.39
3/4"	1/2"	D-4	1000.0	950.8	4.92	16	0.79
1/2"	3/8"	D-5	500.0	460.2	7.96	11	0.88
3/8"	Nº4	D-6	300.0	262.2	12.60	25	3.15
					TOTAL :	100.00	5.24

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 7. Durabilidad de sulfato de magnesio del agregado fino.

% PASA	% RETENIDO	Nº RECIPIENTE	PESOS DE ENSAYO (gr)		% DE PÉRDIDA DE ENSAYO	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PÉRDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUÉS			
3/8"	Nº4	1ª	100.0	86.4	13.60	17	2.31
Nº4	Nº8	2ª	100.0	80.1	19.90	19	3.78
Nº8	Nº16	5ª	100.0	80.5	19.50	19	3.71
Nº16	Nº30	3ª	100.0	82.6	17.40	19	3.31
Nº30	Nº50	4ª	100.0	91.8	8.20	9	0.74
Nº50	Nº100					7	0.00
Nº100	--				TOTAL :	10	0.00
					100.00	13.85	13.85

Fuente: elaboración propia.

3.3.3.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, cumple con dicha especificación de durabilidad de sulfato de magnesio, ya que representa un valor de 5.24% (agregado grueso) y 13.85% (agregado fino) estos porcentajes están debajo del 18% máximo en agregado grueso y 15% máximo en agregado fino mayor o igual a 3.000 msnm.

3.3.4 Equivalente de arena

La norma MTC E 114 del método de ensayo estándar para el valor equivalente de arena de suelos y agregado fino tiene como objetivo proponer servir como una prueba rápida de campo la cual indica bajo condiciones estándar las proporciones relativas del suelo arcilloso o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4.

3.3.4.1 Cálculos

Cuadro 8. Equivalente de arena del agregado fino.

PRUEBA N°	1	2	3	PROMEDIO
Lectura de arena (pulg)	3.3	2.75	2.9	3
Lectura de arcilla (pulg)	9.15	7.8	8.2	8.4
Equivalente de Arena	36	35	35	35
EA	=	$\frac{36 + 35 + 35}{3}$		
EQUIVALENTE DE ARENA		=	35	

Fuente: elaboración propia.

3.3.4.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, cumple con lo especificado en la norma MTC 114, debido que presenta un porcentaje de equivalente de arena igual al 35%, siendo este valor como mínimo de 35% que especifica la norma.

3.3.5 Partículas con una o dos caras fracturadas

La norma MTC E 210 tiene como objetivo determinar el porcentaje, masa o cantidad, de una muestra de agregado grueso que contiene partículas fracturadas. Lo cual el propósito es maximizar el esfuerzo cortante mediante incremento de fricción en agregados sueltos o compactados.

3.3.5.1 Cálculos

Cuadro 9. Partículas de una cara fracturada.

ABERT. MALLA		Peso Retenido	PESO DE CARAS FRACTURADAS	% DE CARAS FRACTURADAS	% Ret. Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	Mm					
3 1/2"	3"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
3"	2 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
2 1/2"	2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
2"	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
1 1/2"	1"	3000.00	2894.00	64.31	64.31	19.27
1"	3/4"	1500.00	867.00	19.27	83.58	0.00
3/4"	1/2"	0.00	0.00	0.00	83.58	0.00
1/2"	3/8"	0.00	0.00	0.00	83.58	0.00
SUMATORIA		4500	3761.00	83.58		83.58

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 10. Partículas de dos caras fracturadas.

ABERT. MALLA		Peso Retenido	PESO DE CARAS FRACTURADAS	% DE CARAS FRACTURADAS	% Ret. Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	Mm					
3 1/2"	3"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
3"	2 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
2 1/2"	2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
2"	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
1 1/2"	1"	3000.00	1236.00	27.47	27.47	56.11
1"	3/4"	1500.00	610.00	13.56	41.02	42.56
3/4"	1/2"	0.00	0.00	0.00	41.02	42.56
1/2"	3/8"	0.00	0.00	0.00	41.02	42.56
SUMATORIA		4500	1846.00	41.02		41.02

Fuente: elaboración propia.

3.3.5.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, cumple con los porcentajes que nos da la norma, ya que la norma nos indica que con una cara fracturada debe ser un mínimo de 80% y como resultado obtuvimos 83.58% y en dos caras fracturas la norma nos indica un mínimo de 40% y como resultado de nuestros ensayos obtuvimos 41.02% cumpliendo con las normas.

3.3.6 Partículas chatas y alargadas

Este método de prueba cubre la determinación de los porcentajes de partículas planas, alargadas o alargadas y planas de agregado grueso. Las partículas individuales de agregado de determinados tamaños de malla son medidas para determinar las relaciones de ancho a espesor, largo a ancho o de largo a espesor. La forma de las partículas de agregado grueso influye en las propiedades de algunos materiales de construcción y puede afectar su colocación y compactación.

Este método de prueba proporciona un medio para verificar el cumplimiento con las especificaciones que limitan tales partículas, o para determinar las características relativas a la forma del agregado grueso.

3.3.6.1 Cálculos

Cuadro 11. Partículas chatas y alargadas.

PRUEBA N°	1		2		3		PROMEDIO
Partículas chatas y alargadas	11	11%	14	14%	16	16%	14
Partículas ni chatas y ni alargadas	89	89%	86	86%	84	84%	86
Numero de partículas	100	100%	100	100%	100	100%	100
EA	= $\frac{11\% + 14\% + 16\%}{3}$						
% PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS		=		14%			

Fuente: elaboración propia.

3.3.6.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, cumple con los porcentajes que nos da la norma, ya que la norma nos indica que para partículas chatas y alargadas debe tener un máximo de 15% y nosotros obtuvimos un 14% de partículas chatas y alargadas.

3.3.7 Sales solubles

La norma MTC E 219 tiene como objetivo establecer el procedimiento analítico de cristalización para determinar el contenido de cloruros de cloruros y sulfatos, solubles en agua, de los agregados pétreos.

3.3.7.1 Cálculos

Cuadro 12. Sales solubles del agregado grueso.

AGREGADO PÉTREO			2"	3/4"
peso de la muestra	A	(gr)	1000	
volumen del matraz aforado	B	(ml)	500	
volumen de alícuota en matraz aforado	C	(ml)	100	
peso de residuo de sales	D	(gr)	0.8450	
sales solubles		%	0.42	

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 13. Sales solubles del agregado fino.

AGREGADO PÉTREO			N° 04	Plato
Peso de la muestra	A	(gr)	200	
Volumen del matraz aforado	B	(ml)	500	
Volumen de alícuota en matraz aforado	C	(ml)	100	
Peso de residuo de sales	D	(gr)	0.1890	
Sales solubles		%	0.47	

Fuente: elaboración propia.

3.3.7.2 Análisis de resultado

Se puede observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, cumple con los porcentajes requeridos por la norma MTC E 219, que exige para sales solubles del material grueso un máximo de 0.5% y nosotros obtuvimos 0.42% y para sales solubles de material fino estipula que el máximo es 0.5% donde obtuvimos 0.47% como resultado.

3.3.8 Proctor modificado

La norma MTC E 115 abarca los procedimientos de compactación usados para determinar la relación entre el contenido de agua y densidad seca de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 o 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.

3.3.8.1 Cálculos

Cuadro 14. Descripción del molde, base granular, Ensayo proctor.

Molde N°	S - 3
Peso del Molde (gr)	5800
Volumen del Molde (cm ³)	2098
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 15. Base granular, ensayo proctor modificado.

Muestra N°	#1				#2				#3			
Pm+sh (gr.)	9720	10125	10265	9750	9750	10135	10255	9701	9850	10140	10300	9750
Pm (gr.)	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800	5800
Psh (gr.)	3920	4325	4465	3950	3950	4335	4455	3901	4050	4340	4500	3950
Dh(gr/cm ³)	1.87	2.06	2.13	1.88	1.88	2.07	2.12	1.86	1.93	2.07	2.14	1.88
CÁPSULA N°												psh+T
(gr.)	164.75	180.8	157.92	198.98	160	190.15	157.92	198.98	160.1	190.2	158.1	198.98
Pss+T (gr.)	160.06	173.98	150.69	187.84	155	182	150.3	187.84	155	182	150.3	187.84
pA (gr)	4.68	6.83	7.24	11.14	5	8.15	7.62	11.14	5.1	8.2	7.8	11.14
PT (gr.)	16.36	16.9	17.49	16.93	16.36	16.9	17.49	16.93	16.36	16.9	17.49	16.93
PSS (gr.)	143.7	157.07	133.2	170.91	138.64	165.1	132.81	170.91	138.64	165.1	132.81	170.91
H%	3.26	4.35	5.43	6.52	3.61	4.94	5.74	6.52	3.68	4.97	5.87	6.52
DSS(gr/cm ³)	1.81	1.98	2.02	1.77	1.82	1.97	2.01	1.75	1.86	1.97	2.03	1.77

Fuente: elaboración propia.

Dónde:

- *Pm*: Peso de la muestra.
- *Sh*: Suelo húmedo.
- *Psh*: Peso de suelo húmedo.
- *Dh*: Densidad húmeda.
- *T*: Tara.
- *Pss*: Peso de suelo seco.
- *Pa*: Peso del agua.
- *Pt*: Peso de la tara.
- *H%*: porcentaje de humedad.
- *Dss*: densidad del suelo seco.

Cuadro 16. Promedios.

Contenido de humedad	3.52	4.75	5.68	6.52
Densidad seca del suelo	1.83	1.97	2.02	1.76

Fuente: elaboración propia.

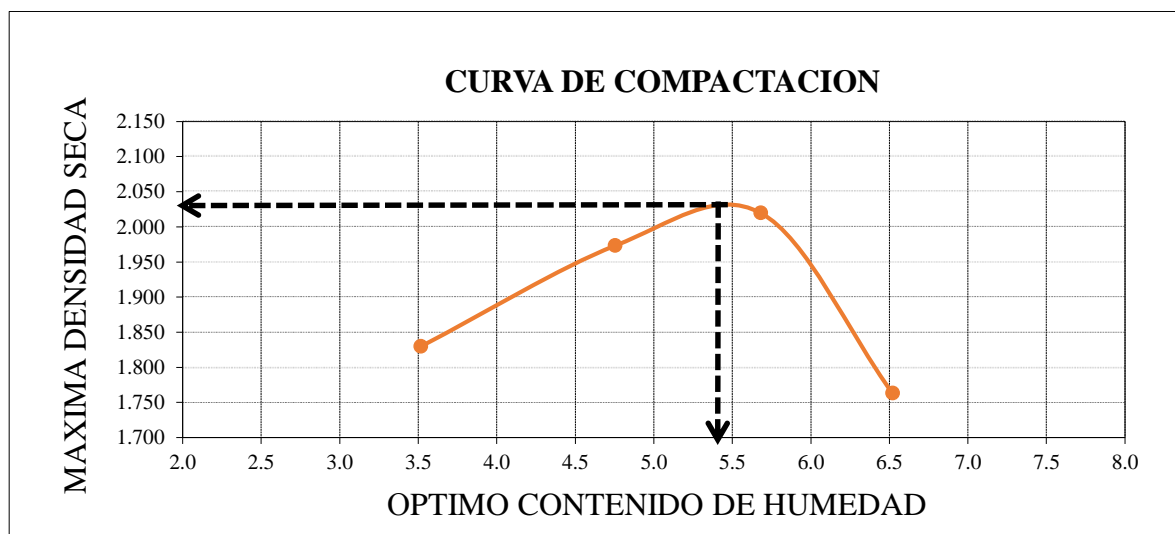


Gráfico 4. Máxima densidad seca vs contenido de humedad, base granular. Ensayo proctor.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 17. Resultados de la base granular. Ensayo proctor.

Máxima Densidad Seca	(g/cm ³)	2.028
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	5.36

Fuente: elaboración propia.

3.3.8.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, nos dio tres muestras de proctor, la cual sacamos un promedio de las tres muestras realizadas y obtenemos como máxima densidad seca 2.03 g/cm³ y para el óptimo contenido de humedad de 5.48 %.

3.3.9 Ensayo CBR

Este ensayo tiene como objetivo describir el procedimiento de determinación de un índice de resistencia de los suelos, denominado valor de la relación de soporte, que es conocido como CBR (California Bearing Ratio). Este ensayo se hace en laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno. Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base y sub base y de afirmado, la cual hace relaciones de peso unitario-humedad, usando un equipo modificado.

3.3.9.1 Cálculos

Cuadro 18. Datos de moldeo, base granular. Ensayo de CBR.

ESTADO	SIN SATURAR			SIN SATURAR			SIN SATURAR		
MOLDES	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
SOBRECARGA (gr.)	4530			4530			4530		
ENSAYOS	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11625	11620	11700	11865	11840	11850	12072	12080	12093
Peso de Molde (gr.)	7555			7555			7555		
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4070	4065	4145	4310	4285	4295	4517	4525	4538
Volumen de Molde (cm ³)	2119			2119			2119		
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085			1085			1085		
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.921	1.918	1.956	2.034	2.022	2.027	2.132	2.135	2.142
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	90.82			103.17			96.76		
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	86.94	85.9	85.9	98.45	98.25	98.25	92.56	92.31	92.27
Peso de Agua (gr)	3.88	4.92	4.92	4.72	4.92	4.92	4.2	4.46	4.5
Peso de Cápsula (gr.)	10.33			10.55			10.55		
Peso de Suelo Seco (gr.)	76.61	75.57	75.57	87.91	87.7	87.7	82.01	81.76	81.72
% de Humedad (%)	5.06	6.51	6.51	5.37	5.61	5.61	5.12	5.45	5.5
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.828	1.801	1.837	1.930	1.915	1.919	2.028	2.025	2.030

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 19. Promedios.

MOLDES	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD HÚMEDA	1.932	2.028	2.136
% DE HUMEDAD	6.03	5.53	5.36
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.822	1.921	2.028

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 20. Ensayo de expansión, base granular. Ensayo CBR.

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
ENSAYO 1									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.584	0.584	0.460	0.643	0.643	0.506	0.720	0.720	0.567
48 hrs	0.637	0.637	0.501	0.685	0.685	0.539	0.762	0.762	0.600
72 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.605
96 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.605
ENSAYO 2									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.236	0.236	0.186	0.265	0.265	0.209	0.300	0.300	0.236
48 hrs	0.271	0.271	0.213	0.288	0.288	0.227	0.317	0.317	0.250
72 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252
96 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252
ENSAYO 3									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.584	0.584	0.460	0.643	0.643	0.506	0.720	0.720	0.567
48 hrs	0.637	0.637	0.501	0.685	0.685	0.539	0.762	0.762	0.600
72 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.252
96 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.252

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 21. Ensayo de carga de penetración, base granular. Ensayo CBR

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2
ENSAYO 1									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	371.70	123.93	70	615.36	205.17	117	1010.85	337.03
0.050	72	632.18	210.78	139	1196.22	398.84	218	1863.15	621.20
0.075	116	1002.43	334.23	202	1727.91	576.11	299	2549.07	849.90
0.100	173	1483.01	494.46	277	2362.56	787.71	387	3299.78	1100.20
0.125	229	1956.17	652.22	340	2897.07	965.93	475	4046.78	1349.26
0.150	286	2438.84	813.15	403	3432.86	1144.57	550	4688.05	1563.07
0.200	392	3339.22	1113.35	509	4337.26	1446.11	675	5760.90	1920.78
0.300	543	4628.12	1543.09	654	5580.31	1860.56	832	7115.57	2372.44
0.400	630	5374.09	1791.81	741	6329.41	2110.33	926	7930.47	2644.14
0.500	655	5588.91	1863.43	779	6657.37	2215.67	970	8312.89	2771.65
ENSAYO 2									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	39	336.18	112.09	68	586.16	195.44	114	982.68	327.64
0.050	69	594.78	198.31	135	1163.70	388.00	215	1853.30	617.92
0.075	112	965.44	321.89	195	1680.90	560.44	280	2413.60	804.73
0.100	162	1396.44	465.60	265	2284.30	761.62	375	3232.50	1077.77
0.125	225	1939.50	646.66	335	2887.70	962.81	470	4051.40	1350.80
0.150	274	2361.88	787.49	402	3465.24	1155.37	530	4568.60	1523.24
0.200	385	3318.70	1106.51	502	4327.24	1442.77	670	5775.40	1925.61
0.300	520	4482.40	1494.50	645	5559.90	1853.76	828	7137.36	2379.71
0.400	610	5258.20	1753.17	730	6292.60	2098.05	915	7887.30	2629.75
0.500	642	5534.04	1845.14	770	6637.40	2213.02	965	8318.30	2773.45
ENSAYO 3									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	39	336.18	112.09	68	586.16	195.44	114	982.68	327.64
0.050	69	594.78	198.31	135	1163.70	388.00	215	1853.30	617.92
0.075	112	965.44	321.89	195	1680.90	560.44	280	2413.60	804.73
0.100	162	1396.44	465.60	265	2284.30	761.62	375	3232.50	1077.77
0.125	225	1939.50	646.66	335	2887.70	962.81	470	4051.40	1350.80
0.150	274	2361.88	787.49	402	3465.24	1155.37	530	4568.60	1523.24
0.200	385	3318.70	1106.51	502	4327.24	1442.77	670	5775.40	1925.61
0.300	520	4482.40	1494.50	645	5559.90	1853.76	828	7137.36	2379.71
0.400	610	5258.20	1753.17	730	6292.60	2098.05	915	7887.30	2629.75
0.500	642	5534.04	1845.14	770	6637.40	2213.02	965	8318.30	2773.45

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 22. Promedios de esfuerzos, base granular. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
0,000	0,00	0,00	0,00
0,025	116,04	198,68	330,77
0,050	202,47	391,61	619,01
0,075	326,00	565,66	819,79
0,100	475,22	770,32	1085,25
0,125	648,51	963,85	1350,29
0,150	796,04	1151,77	1536,52
0,200	1108,79	1443,88	1924,00
0,300	1510,70	1856,03	2377,29
0,400	1766,05	2102,14	2634,55
0,500	1851,24	2213,90	2772,85

Fuente: elaboración propia.

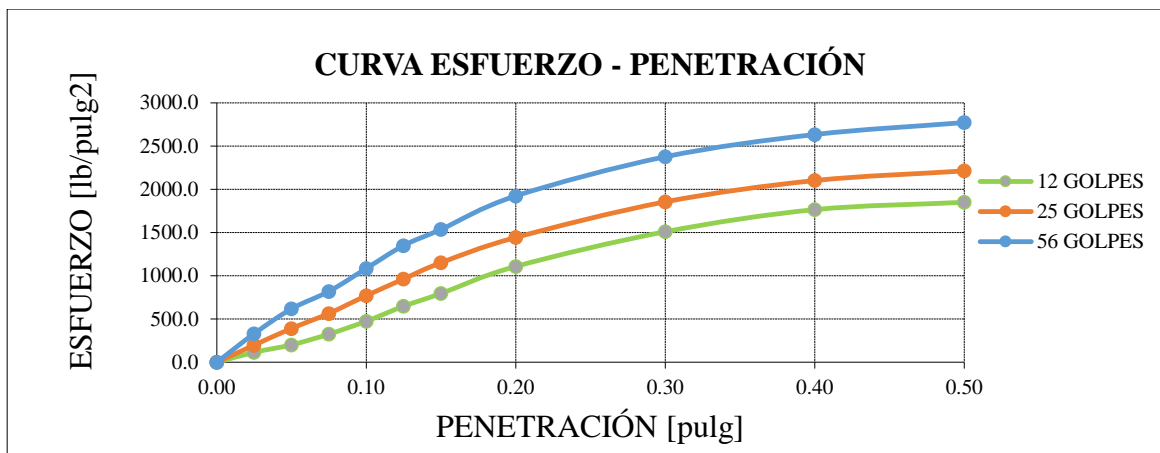


Gráfico 5. Esfuerzo vs penetración, base granular. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 23. Valores corregidos, base granular.

Nº GOLPES	MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	C.B,R % PROMEDIO	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD SECA PROMEDIO
12	1	0.100	494.46	1000	49.45	47.52	1.828	1.822
	1	0.100	465.6	1000	46.56		1.801	
	1	0.100	465.6	1000	46.56		1.837	
25	2	0.100	787.71	1000	78.77	77.03	1.930	1.921
	2	0.100	761.62	1000	76.16		1.915	
	2	0.100	761.62	1000	76.16		1.919	
56	3	0.100	1100.2	1000	110.02	108.53	2.028	2.028
	3	0.100	1077.77	1000	107.78		2.025	
	3	0.100	1077.77	1000	107.78		2.030	

Fuente: elaboración propia.

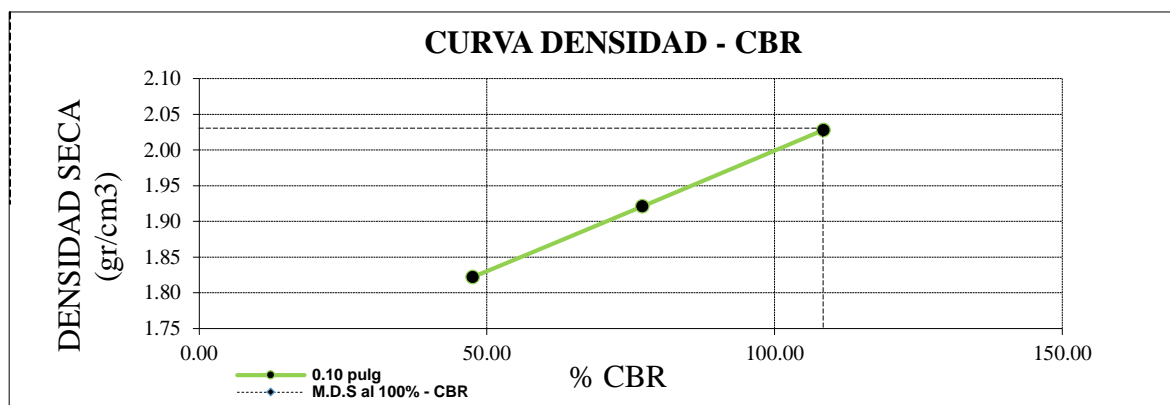


Gráfico 6. Densidad seca vs % CBR, base granular. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 24. Resultados de la base granular. Ensayo CBR

RESULTADO DEL ENSAYO		
Máxima Densidad Seca al 100%	(gr./cm ³)	2.028
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	5.36
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	(%)	108.53

Fuente: elaboración propia.

3.3.9.2 Análisis de resultado

Se ha podido observar que la base granular proveniente de la cantera Yauri, nos dio tres muestras de CBR, la cual sacamos un promedio de las tres muestras realizadas y obtuvimos como CBR al 100% de la máxima densidad seca 108.53 % y con una penetración de 0.1”.

3.3.10 Cumplimiento de resultados del material de base

El material de base de la cantera Yauri está dentro de los parámetros de calidad con respecto a la franja granulométrica de la gradación “A” de las especificadas en el Manual de carreteras EG-2013 (ver Cuadro 25).

Cuadro 25. Requerimientos granulométricos para base granular y resultados de la muestra patrón.

Tamiz	Porcentaje que pasa en peso				
	Gradación A	Gradación B	Gradación C	Gradación D	Cantera Yauri
50 mm. (2”)	100	100			100
25 mm. (1”)		75-95	100	100	69,99
9,5 mm. (3/8”)	30-65	40-75	50-85	60-100	38,99
4,75 mm. (N°4)	25-55	30-60	35-65	50-85	32,32
2,0 mm. (N°10)	15-40	20-45	25-50	40-70	26,14
425 µm. (N°40)	8-20	15-30	15-30	25-45	18,20
75 µm. (N°200)	2-8	5-15	5-15	8-15	2,58

Fuente: elaboración propia.

Así también, el material de base granular de la cantera Yauri cumple con el valor mínimo del índice de CBR requerido en el Manual de carreteras EG-2013, como se puede observar en el Cuadro 26.

Cuadro 26. Requerimientos de CBR para base granular.

CUMPLIMIENTO DE VALOR RELATIVO DE SOPORTE, CBR		Cantera Yauri
Tráfico en ejes equivalentes(10^6)	Min. 80%	108.53%
Tráfico en ejes equivalentes(>math>10^6</math>)	Min. 100%	

Fuente: elaboración propia.

Para los ensayos especiales de agregado grueso sí se cumplió con las características indicadas en el Manual de carreteras EG-2013 (ver Cuadro 27).

Cuadro 27. Requerimientos - Agregado grueso - Ensayos especiales.

ENSAYOS	NORMA MTC	NORMA ASTM	CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS		
			< 3000 m.s.n.m	≥ 3000 m.s.n.m	CANTERA YAURI
Abrasión Los Ángeles	MTC E 207	C 131	40 % máx.	40 % máx.	15.1 %
Partículas con una cara fracturada	MTC E 210	D 5821	80 % min	80 % min	83.58 %
Partículas con dos caras fracturadas	MTC E 210	D 5821	40 % min	50 % min	41.02 %
Partículas chatas y alargadas	MTC E 223	D 4791	15 % máx.	15 % máx.	14 %
Sales solubles totales	MTC E 219	D 1888	0.5 % máx.	0.5 % máx.	0.42 %
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTC E 209	C 88	-----	18 % máx.	5.24 %

Fuente: elaboración propia.

Para los ensayos especiales de agregado fino sí se cumplió con las características indicadas en el Manual de carreteras EG-2013 (ver Cuadro 28).

Cuadro 28. Requerimientos - Agregado fino - Ensayos especiales.

ENSAYOS	NORMA MTC	CUMPLIMIENTO DE REQUERIMIENTOS		
		< 3000 m.s.n.m	≥ 3000 m.s.n.m	CANTERA YAURI
Índice Plástico	MTC E 111	4 % max	2 % max	NP
Equivalente de arena	MTC E 114	35 % min	45 % min	35 %
Sales solubles	MTC E 219	0.5 % max	0.5 % max	0.47 %
Durabilidad al sulfato de magnesio	MTCE 209	-----	15 %	13.85 %

Fuente: elaboración propia.

3.4 Propiedades mecánicas base granular modificada

3.4.1 Ensayo proctor modificado

La cantidad de muestra requerida para realizar este ensayo, se le han incorporado los porcentajes de escoria de acero mencionados, como ya conocemos que el ensayo de compactación tiene el propósito de proveer información acerca del peso específico seco máximo y su humedad optima, que para este caso será la mezcla escoria/base. Se ha llevado a cabo un proceso de mesclado de materiales muy cuidadosamente, tratando en lo posible que la escoria se encuentre muy distribuida en la muestra de la base, especialmente con los porcentajes más bajos, ya que es aquí donde se produce la segregación de la escoria.

3.4.1.1 Cálculos

3.4.1.1.1 PROCTOR, BASE + 5 % DE ESCORIA

Cuadro 29. Descripción molde S - 3

Peso del Molde (gr)	5800
Volumen del Molde (cm ³)	2098
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 29. Base + 5% de escoria. Ensayo proctor.

Muestra Nº	#1				#2				#3			
Pm+sh (gr.)	10584	10698	10864	10863	10540	10640	10840	10840	10580	10655	10835	10800
Pm (gr.)	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253
Psh (gr.)	4331	4445	4611	4610	4287	4387	4587	4587	4327	4402	4582	4547
Dh(gr/cm ³)	2.07	2.12	2.20	2.20	2.05	2.10	2.19	2.19	2.07	2.10	2.19	2.17
CÁPSULA Nº												
psh+T (gr.)	725.30	874.60	826.40	704.20	725.30	874.60	826.40	704.20	725.30	874.60	826.40	704.20
Pss+T (gr.)	704.40	833.90	765.10	640.40	704.40	836.00	771.00	640.40	704.40	836.00	771.20	646.00
pA (gr.)	20.90	40.70	61.30	63.80	20.90	38.60	55.40	63.80	20.90	38.60	55.20	58.20
PT (gr.)	57.70	79.70	59.30	87.70	57.70	79.70	59.30	87.70	57.70	79.70	59.30	87.70
PSS (gr.)	646.70	754.20	705.80	552.70	646.70	756.30	711.70	552.70	646.70	756.30	711.90	558.30
H%	3.23	5.40	8.69	11.54	3.23	5.10	7.78	11.54	3.23	5.10	7.75	10.42
DSS(gr/cm ³)	2.00	2.01	2.03	1.97	1.98	1.99	2.03	1.96	2.00	2.00	2.03	1.97

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 30. Promedios.

Óptimo contenido de humedad	3,23	5,20	8,07	11,17
Máxima densidad seca del suelo	1,99	2,00	2,03	1,97

Fuente: elaboración propia.

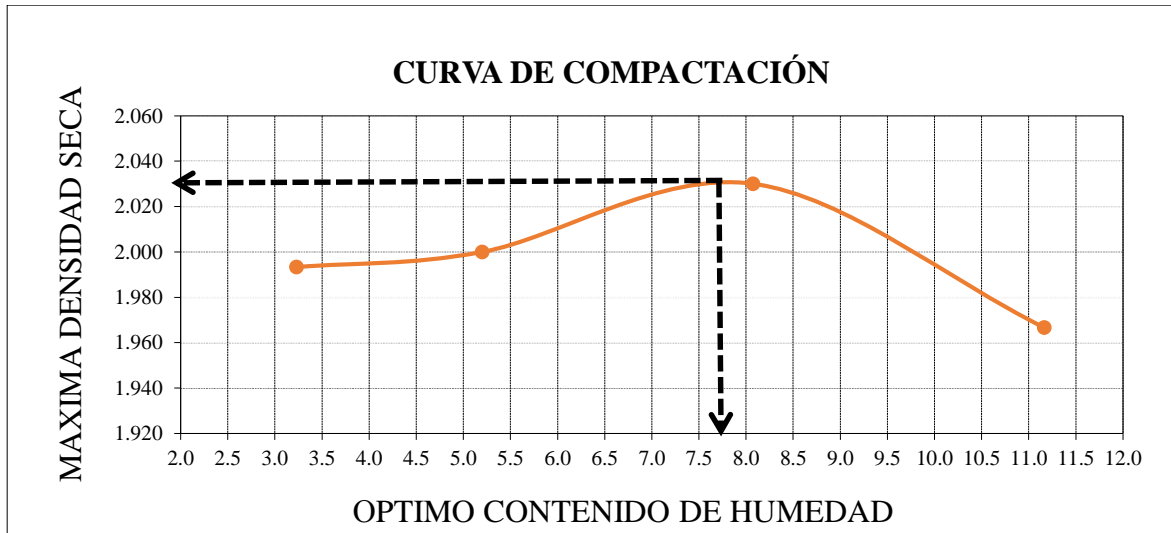


Gráfico 7. Máxima densidad seca vs óptimo contenido de humedad, base + 5% de escoria. Ensayo proctor.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 31. Resultados del proctor.

Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	2.031
Óptimo Contenido de Humedad (%)	7.87

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1.2 PROCTOR, BASE + 10 % DE ESCORIA

Cuadro 32. Descripción molde S – 3.

Peso del Molde (gr)	5800
Volumen del Molde (cm3)	2098
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 33. Base + 10% de escoria. Ensayo proctor.

Muestra Nº	#1				#2				#3			
Pm+sh (gr.)	10637	10719	10934	10931	10650	10730	10940	10925	10650	10740	10935	10900
Pm (gr.)	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253
Psh (gr.)	4384	4466	4681	4678	4397	4477	4687	4672	4397	4487	4682	4647
Dh(gr/cm3)	2,09	2,13	2,24	2,23	2,1	2,14	2,24	2,23	2,1	2,14	2,24	2,22
CAPSULA Nº												
psh+T (gr.)	837,1	735,6	700,4	587,4	840,06	738,46	700,4	587,4	840,06	738,46	700,4	587,4
Pss+T (gr.)	813	704,8	652,5	538,8	815,46	705,49	652,6	540	815,46	705,49	654	540
pA (gr)	24,1	30,8	47,9	48,6	24,6	32,97	47,8	47,4	24,6	32,97	46,4	47,4
PT (gr.)	58,1	47,6	54,5	71,2	58,1	47,6	54,5	71,2	58,1	47,6	54,5	71,2
PSS (gr.)	754,9	657,2	598	467,6	757,36	657,89	598,1	468,8	757,36	657,89	599,5	468,8
H%	3,19	4,69	8,01	10,39	3,25	5,01	7,99	10,11	3,25	5,01	7,74	10,11
DSS(gr/cm3)	2,03	2,04	2,07	2,02	2,03	2,04	2,07	2,03	2,03	2,04	2,08	2,02

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 34. Promedios.

contenido de humedad	3.23	4.90	7.91	10.20
densidad seca del suelo	2.03	2.04	2.07	2.02

Fuente: elaboración propia.

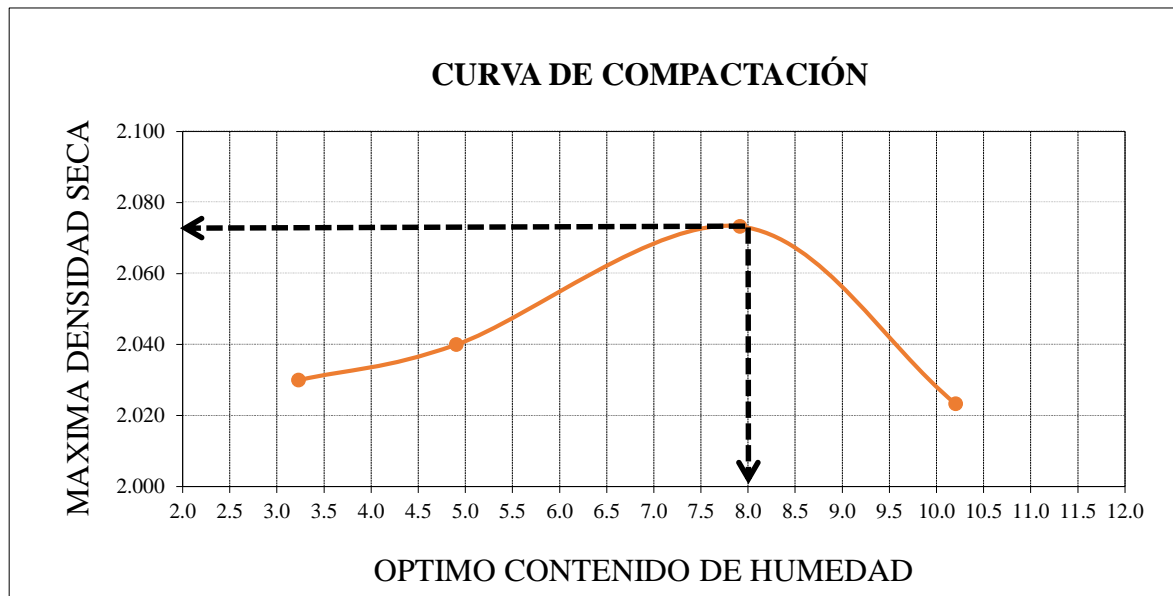


Gráfico 8. Máxima densidad seca vs óptimo contenido de humedad, base + 10% de escoria. Ensayo proctor.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 35. Resultados del proctor.

Máxima Densidad Seca (g/cm3)	2.072
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.01

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1.3 PROCTOR, BASE + 15 % DE ESCORIA

Cuadro 36. Descripción molde S - 3

Peso del Molde (gr)	5800
Volumen del Molde (cm ³)	2098
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 37. Base + 15% de escoria. Ensayo proctor.

Muestra Nº	#1				#2				#3			
Pm+sh (gr.)	10650	10992	11029	10957	10660	10985	11025	10935	10665	10995	11035	10935
Pm (gr.)	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253
Psh (gr.)	4397	4739	4776	4704	4407	4732	4772	4682	4412	4742	4782	4682
Dh(gr/cm ³)	2.1	2.26	2.28	2.25	2.1	2.26	2.28	2.24	2.11	2.26	2.28	2.24
CAPSULA Nº												
psh+T (gr.)	472.3	611.3	568.2	660.2	472.3	611.3	568.2	660.2	472.3	611.3	568.2	660.2
Pss+T (gr.)	460	570.3	522.9	604	460	570.3	522.9	604	460	571	523	603
pA (gr)	12.3	41	45.3	56.2	12.3	41	45.3	56.2	12.3	40.3	45.2	57.2
PT (gr.)	93.2	50.9	46.4	45.6	93.2	50.9	46.4	45.6	93.2	50.9	46.4	45.6
PSS (gr.)	366.8	519.4	476.5	558.4	366.8	519.4	476.5	558.4	366.8	520.1	476.6	557.4
H%	3.35	7.89	9.51	10.06	3.35	7.89	9.51	10.06	3.35	7.75	9.48	10.26
DSS(gr/cm ³)	2.03	2.1	2.08	2.04	2.04	2.09	2.08	2.03	2.04	2.1	2.09	2.03

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 38. Promedios.

contenido de humedad	3.35	7.84	9.50	10.13
densidad seca del suelo	2.04	2.10	2.09	2.03

Fuente: elaboración propia.

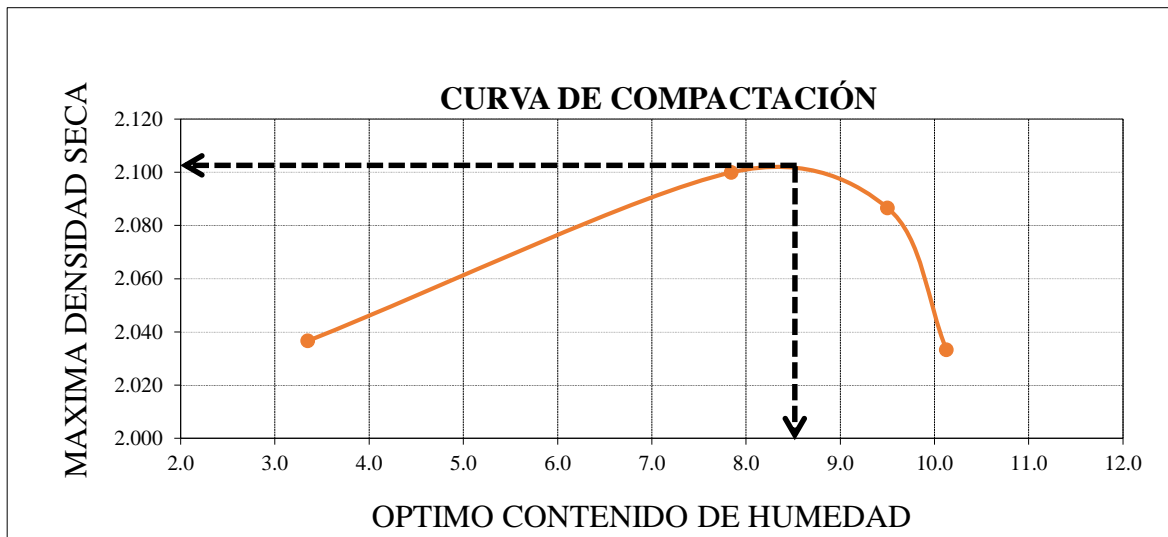


Gráfico 9. Máxima densidad seca vs óptimo contenido de humedad, base + 15% de escoria. Ensayo proctor.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 39. Resultados del proctor.

Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	2.105
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.60

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1.4 PROCTOR, BASE + 20 % DE ESCORIA

Cuadro 40. Descripción molde S - 3.

Molde N°	S - 3
Peso del Molde (gr)	5800
Volumen del Molde (cm3)	2098
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	56

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 41. Base + 20% de escoria. Ensayo proctor.

	#1				#2				#3			
Pm+sh (gr.)	10791	11002	11119	11105	10795	11050	11125	11110	10800	11065	11115	11100
Pm (gr.)	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253
Psh (gr.)	4538	4749	4866	4852	4542	4797	4872	4857	4547	4812	4862	4847
Dh(gr/cm3)	2.17	2.27	2.32	2.32	2.17	2.29	2.33	2.32	2.17	2.3	2.32	2.31
CAPSULA N°												
psh+T (gr.)	368.7	449.4	489.2	479.4	368.71	449.4	485.4	480.36	368.71	449.4	485.4	480.36
Pss+T (gr.)	359.3	427	457	446.7	358	426.89	457	445.98	358	425.7	456.5	445.98
pA (gr)	9.4	22.4	32.2	32.7	10.71	22.51	28.4	34.38	10.71	23.7	28.9	34.38
PT (gr.)	86.8	47.9	46.4	58	86.8	47.9	46.4	58	86.8	47.9	46.4	58
PSS (gr.)	272.5	379.1	410.6	388.7	271.2	378.99	410.6	387.98	271.2	377.8	410.1	387.98
H%	3.45	5.91	7.84	8.41	3.95	5.94	6.92	8.86	3.95	6.27	7.05	8.86
DSS(gr/cm3)	2.09	2.14	2.15	2.14	2.09	2.16	2.18	2.13	2.09	2.16	2.17	2.13

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 42. Promedios.

contenido de humedad	3.78	6.04	7.27	8.71
densidad seca del suelo	2.09	2.15	2.17	2.13

Fuente: elaboración propia.

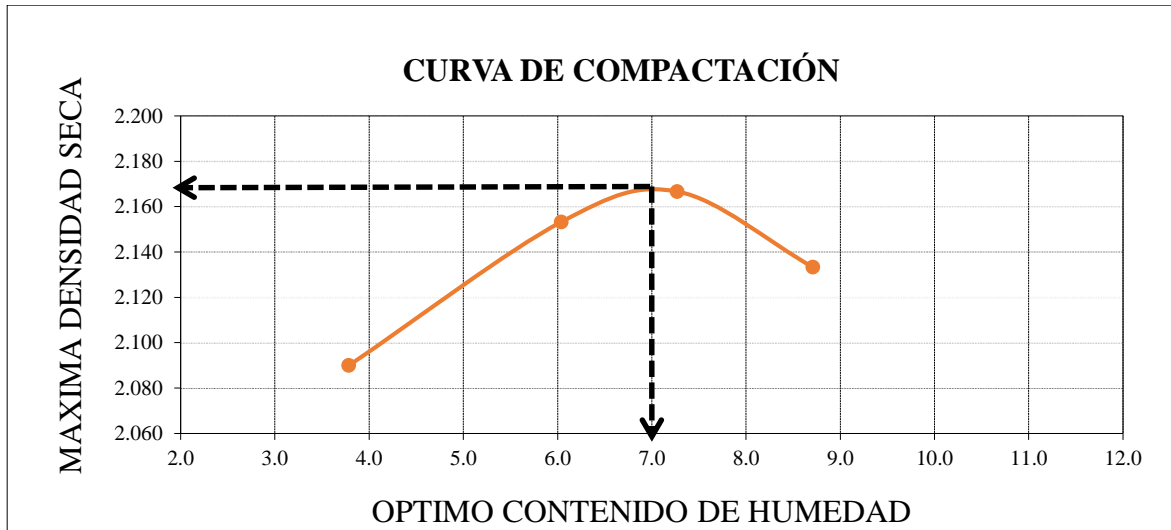


Gráfico 10. Máxima densidad seca vs óptimo contenido de humedad, base + 20% de escoria. Ensayo proctor.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 43. Resultados del proctor.

Máxima Densidad Seca	g/cm3)	2.170
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	6.99

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.1.5 PROCTOR, BASE + 25 % DE ESCORIA

Cuadro 44. Descripción molde S - 3.

Peso del Molde (gr)	5800
Volumen del Molde (cm3)	2098
Nº de Capas	5
Nº de Golpes por capa	56

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 45. Base + 25% de escoria. Ensayo proctor.

	#1				#2				#3			
Pm+sh (gr.)	10914	11047	11179	11160	10950	11056	11190	11163	10950	11090	11210	11163
Pm (gr.)	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253	6253
Psh (gr.)	4661	4794	4926	4907	4697	4803	4937	4910	4697	4837	4957	4910
Dh(gr/cm3)	2.23	2.29	2.35	2.34	2.24	2.29	2.36	2.34	2.24	2.31	2.37	2.34
CAPSULA Nº												
psh+T (gr.)	313.8	511.1	348.4	320.5	313.8	511.1	348.4	320.5	315.5	511.1	348.4	320.5
Pss+T (gr.)	305.2	484	327.5	298.1	305.2	488	327.5	298.1	305.2	486	325	298.1
pA (gr)	8.6	27.1	20.9	22.4	8.6	23.1	20.9	22.4	10.3	25.1	23.4	22.4
PT (gr.)	49.4	47.6	45.6	54.5	49.4	47.6	45.6	54.5	49.4	47.6	45.6	54.5
PSS (gr.)	255.8	436.4	281.9	243.6	255.8	440.4	281.9	243.6	255.8	438.4	279.4	243.6
H%	3.36	6.21	7.41	9.2	3.36	5.25	7.41	9.2	4.03	5.73	8.38	9.2
DSS(gr/cm3)	2.15	2.16	2.19	2.15	2.17	2.18	2.19	2.15	2.16	2.18	2.18	2.15

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 46. Promedios.

contenido de humedad	3.58	5.73	7.73	9.20
densidad seca del suelo	2.16	2.17	2.19	2.15

Fuente: elaboración propia.

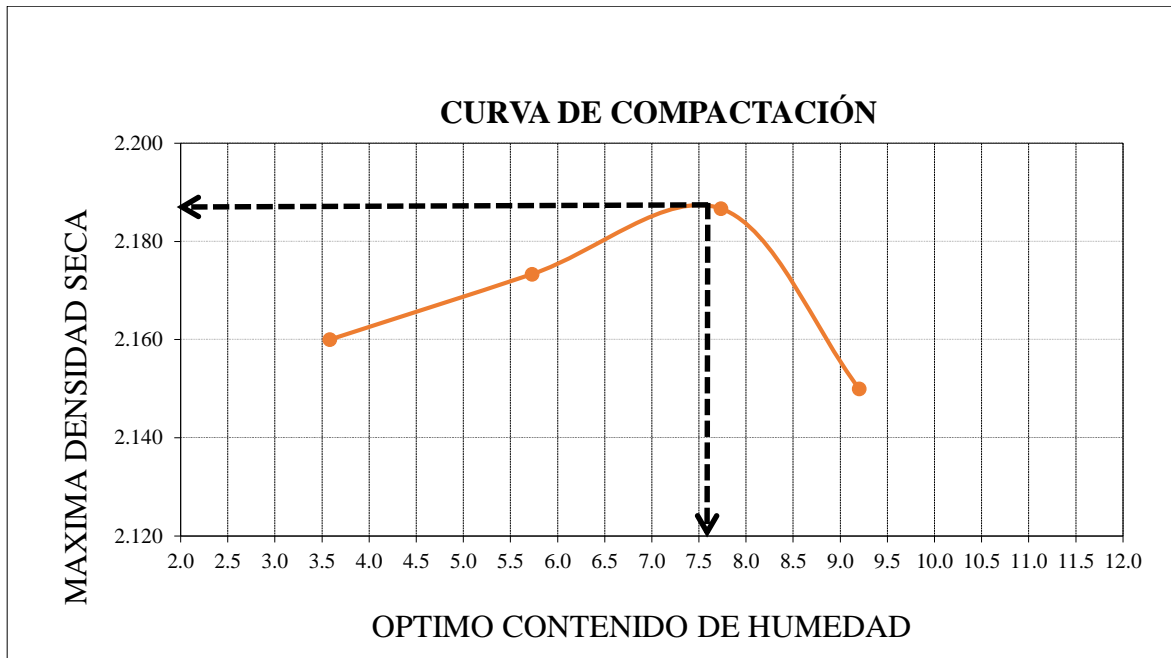


Gráfico 11. Máxima densidad seca vs óptimo contenido de humedad, base + 25% de escoria. Ensayo proctor.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 47. Resultados del proctor.

Máxima Densidad Seca	g/cm3)	2.196
Optimo Contenido de Humedad	(%)	7.61

Fuente: elaboración propia.

3.4.1.2 Análisis de resultado

En los diferentes ensayos de compactación realizados, incrementando el porcentaje de la escoria en la base granular, se pudo observar que la densidad seca máxima aumenta según se incrementa el porcentaje de escoria, mientras que el porcentaje de humedad optima varía.

3.4.2 Ensayo CBR

El ensayo CBR en la mezcla escoria/base determina el cambio en las propiedades de la base granular, ya sea un incremento o reducción en la resistencia del agregado. Los porcentajes de escoria de acero son los mismos del proctor modificado. Los ensayos de CBR serán promediados por los tres moldes obtenidos para cada porcentaje de escoria con sus respectivos gráficos.

3.4.2.1 Cálculos

3.4.2.1.1 CBR, BASE + 5 % DE ESCORIA

Cuadro 48. Datos de moldeo, base + 5% de escoria, Ensayo de CBR.

ESTADO	SIN SATURAR			SIN SATURAR			SIN SATURAR		
MOLDE	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
SOBRECARGA (gr.)	4530			4530			4530		
Ensayos	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11658	11658	11750	11840	11840	11920	12200	12198	12195
Peso de Molde (gr.)	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4103	4103	4195	4285	4285	4365	4645	4643	4640
Volumen de Molde (cm3)	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119
Volumen del disco espaciador (cm3)	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm3)	1.936	1.936	1.980	2.022	2.022	2.060	2.192	2.191	2.190
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	90.82	90.82	90.82	103.17	103.17	103.17	96.76	96.76	96.76
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	85.9	85.9	84.6	98.25	98.25	97	90.38	90.51	90.52
Peso de Agua (gr)	4.92	4.92	6.22	4.92	4.92	6.17	6.39	6.25	6.24
Peso de Cápsula (gr.)	10.33	10.33	10.33	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
Peso de Suelo Seco (gr.)	75.57	75.57	74.27	87.7	87.7	86.45	79.83	79.96	79.97
% de Humedad (%)	6.51	6.51	8.38	5.61	5.61	7.14	8	7.82	7.8
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.818	1.818	1.827	1.915	1.915	1.923	2.030	2.032	2.031

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 49. Promedios.

MOLDES	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD HÚMEDA	1.951	2.035	2.191
% DE HUMEDAD	7.13	6.12	7.87
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.821	1.918	2.031

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 50. Ensayo de expansión, base + 5% de escoria. Ensayo CBR

TIEMPO	LECTUR A DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
ENSAYO 1									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.236	0.236	0.186	0.265	0.265	0.209	0.300	0.300	0.236
48 hrs	0.271	0.271	0.213	0.288	0.288	0.227	0.317	0.317	0.250
72 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252
96 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252
ENSAYO 2									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.564	0.564	0.444	0.633	0.633	0.499	0.717	0.717	0.564
48 hrs	0.647	0.647	0.510	0.689	0.689	0.542	0.758	0.758	0.597
72 hrs	0.696	0.696	0.548	0.696	0.696	0.548	0.765	0.765	0.603
96 hrs	0.696	0.696	0.548	0.696	0.696	0.548	0.765	0.765	0.603
ENSAYO 3									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.586	0.586	0.461	0.658	0.658	0.518	0.745	0.745	0.586
48 hrs	0.672	0.672	0.529	0.716	0.716	0.564	0.788	0.788	0.620
72 hrs	0.723	0.723	0.569	0.723	0.723	0.569	0.795	0.795	0.626
96 hrs	0.723	0.723	0.569	0.723	0.723	0.569	0.795	0.795	0.626

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 51. Ensayo de carga de penetración, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRAC IÓN	LECTU RA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTU RA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTU RA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUER ZO lbs/pulg2
ENSAYO 1									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	40	344.80	114.96	75	646.50	215.55	118	1017.16	339.14
0.050	70	603.40	201.18	145	1249.90	416.74	220	1896.40	632.29
0.075	115	991.30	330.52	200	1724.00	574.81	285	2456.70	819.10
0.100	165	1422.30	474.22	270	2327.40	775.99	380	3275.60	1092.14
0.125	229	1973.98	658.16	340	2930.80	977.18	474	4085.88	1362.30
0.150	280	2413.60	804.73	410	3534.20	1178.36	535	4611.70	1537.61
0.200	390	3361.80	1120.88	530	4568.60	1523.24	679	5852.98	1951.48
0.300	525	4525.50	1508.87	650	5603.00	1868.13	830	7154.60	2385.46
0.400	613	5284.06	1761.79	740	6378.80	2126.79	920	7930.40	2644.12
0.500	645	5559.90	1853.76	775	6680.50	2227.39	970	8361.40	2787.82
ENSAYO 2									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	41	353.42	117.84	73	629.26	209.81	117	1008.54	336.26
0.050	69	594.78	198.31	142	1224.04	408.11	222	1913.64	638.04
0.075	115	991.30	330.52	198	1706.76	569.06	284	2448.08	816.23
0.100	164	1413.68	471.34	271	2336.02	778.87	377	3249.74	1083.52
0.125	230	1982.60	661.03	340	2930.80	977.18	474	4085.88	1362.30
0.150	279	2404.98	801.86	408	3516.96	1172.61	535	4611.70	1537.61
0.200	391	3370.42	1123.75	533	4594.46	1531.87	675	5818.50	1939.98
0.300	524	4516.88	1506.00	649	5594.38	1865.26	833	7180.46	2394.08
0.400	614	5292.68	1764.66	739	6370.18	2123.92	921	7939.02	2647.00
0.500	644	5551.28	1850.89	776	6689.12	2230.26	972	8378.64	2793.57
ENSAYO 3									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	45	387.90	129.33	78	672.36	224.18	117	1008.54	336.26
0.050	72	620.64	206.93	145	1249.90	416.74	222	1913.64	638.04
0.075	117	1008.54	336.26	202	1741.24	580.56	284	2448.08	816.23
0.100	170	1465.40	488.59	276	2379.12	793.24	385	3318.70	1106.51
0.125	235	2025.70	675.40	345	2973.90	991.55	474	4085.88	1362.30
0.150	282	2430.84	810.48	410	3534.20	1178.36	533	4594.46	1531.87
0.200	395	3404.90	1135.25	540	4654.80	1551.98	677	5835.74	1945.73
0.300	530	4568.60	1523.24	655	5646.10	1882.50	830	7154.60	2385.46
0.400	615	5301.30	1767.54	745	6421.90	2141.16	920	7930.40	2644.12
0.500	648	5585.76	1862.38	780	6723.60	2241.76	971	8370.02	2790.70

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 52. Promedios de esfuerzos, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
0.000	0.00	0.00	0.00
0.025	120.71	216.51	337.22
0.050	202.14	413.86	636.12
0.075	332.43	574.81	817.19
0.100	478.05	782.70	1094.06
0.125	664.86	981.97	1362.30
0.150	805.69	1176.44	1535.70
0.200	1126.63	1535.70	1945.73
0.300	1512.70	1871.96	2388.33
0.400	1764.66	2130.62	2645.08
0.500	1855.68	2233.14	2790.70

Fuente: elaboración propia.

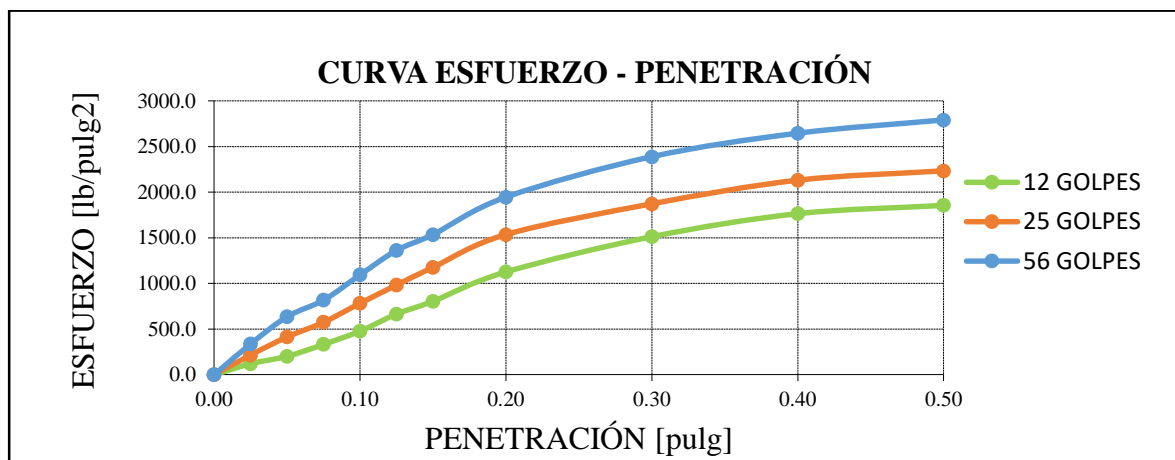


Gráfico 12. Esfuerzo vs penetración, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 53. Valores corregidos, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.

Nº GOLPES	MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	C.B,R % PROMEDIO	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD SECA PROMEDIO
12	1	0.100	474.22	1000	47.42	47.81	1.818	1.821
	1	0.100	471.34	1000	47.13		1.818	
	1	0.100	488.59	1000	48.86		1.827	
25	2	0.100	775.99	1000	77.60	78.27	1.915	1.918
	2	0.100	778.87	1000	77.89		1.915	
	2	0.100	793.24	1000	79.32		1.923	
56	3	0.100	1092.14	1000	109.21	109.41	2.030	2.031
	3	0.100	1083.52	1000	108.35		2.032	
	3	0.100	1106.51	1000	110.65		2.031	

Fuente: elaboración propia.

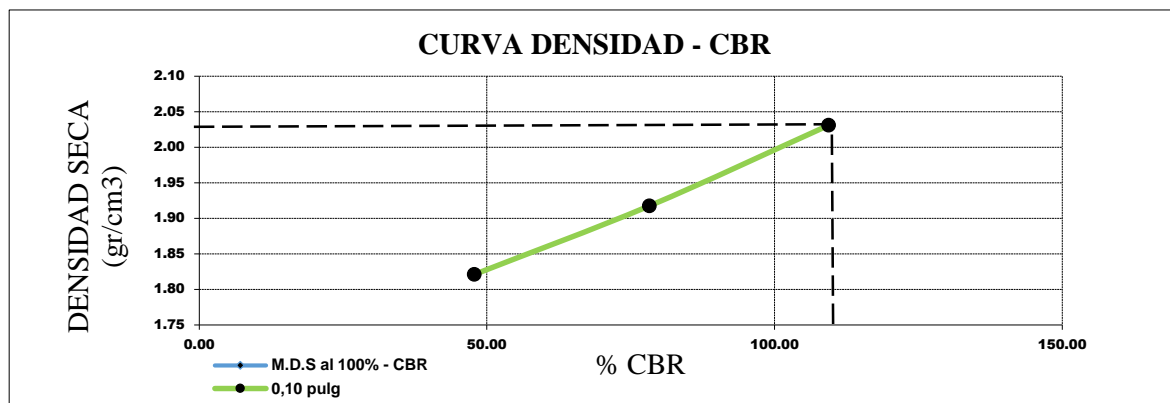


Gráfico 13. Densidad seca vs % CBR, base + 5% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 54. Resultados de la base + 5% de escoria. Ensayo CBR

Máxima Densidad Seca al 100%	(gr./cm ³)	2.031
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	7.87
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	(%)	109.41

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1.2 CBR, BASE + 10 % DE ESCORIA

Cuadro 55. Datos de moldeo, base + 10% de escoria, Ensayo de CBR.

ESTADO	SIN SATURAR			SIN SATURAR			SIN SATURAR		
MOLDE	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
SOBRECARGA (gr.)	4530			4530			4530		
Ensayos	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11750	11780	11800	12000	11997	12030	12290	12295	12303
Peso de Molde (gr.)	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4195	4225	4245	4445	4442	4475	4735	4740	4748
Volumen de Molde (cm ³)	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.980	1.994	2.003	2.098	2.096	2.112	2.235	2.237	2.241
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	90.82	90.82	94.48	103.17	103.17	105.65	96.76	96.76	96.75
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	84.50	84.51	87.50	96.30	96.20	98.00	90.37	90.36	90.36
Peso de Agua (gr.)	6.32	6.31	6.98	6.87	6.97	7.65	6.39	6.40	6.39
Peso de Cápsula (gr.)	10.33	10.33	10.33	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
Peso de Suelo Seco (gr.)	74.17	74.18	77.17	85.75	85.65	87.45	79.82	79.81	79.81
% de Humedad (%)	8.52	8.51	9.05	8.02	8.14	8.75	8.01	8.02	8.01
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.824	1.838	1.837	1.942	1.938	1.942	2.069	2.071	2.075

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 56. Promedios.

MOLDES	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD HÚMEDA	1.992	2.102	2.238
% DE HUMEDAD	8.69	8.30	8.01
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.833	1.941	2.072

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 57. Ensayo de expansión, base + 10% de escoria. Ensayo CBR

TIEMPO	LECTUR A DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
ENSAYO 1									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.582	0.582	0.459	0.654	0.654	0.515	0.741	0.741	0.583
48 hrs	0.669	0.669	0.527	0.712	0.712	0.561	0.784	0.784	0.617
72 hrs	0.719	0.719	0.566	0.719	0.719	0.566	0.791	0.791	0.623
96 hrs	0.719	0.719	0.566	0.719	0.719	0.566	0.791	0.791	0.623
ENSAYO 2									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.496	0.496	0.391	0.557	0.557	0.439	0.631	0.631	0.497
48 hrs	0.570	0.570	0.448	0.606	0.606	0.477	0.668	0.668	0.526
72 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530
96 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530
ENSAYO 3									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.496	0.496	0.391	0.557	0.557	0.439	0.631	0.631	0.497
48 hrs	0.570	0.570	0.448	0.606	0.606	0.477	0.668	0.668	0.526
72 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530
96 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 58. Ensayo de carga de penetración, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRAC IÓN	LECTU RA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTU RA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTU RA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUER ZO lbs/pulg2
ENSAYO 1									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	48	413.76	137.95	80	689.60	229.92	120	1034.40	344.89
0.050	75	646.50	215.55	148	1275.76	425.36	225	1939.50	646.66
0.075	120	1034.40	344.89	205	1767.10	589.18	290	2499.80	833.47
0.100	175	1508.50	502.96	280	2413.60	804.73	388	3344.56	1115.13
0.125	240	2068.80	689.77	348	2999.76	1000.17	478	4120.36	1373.79
0.150	285	2456.70	819.10	415	3577.30	1192.73	536	4620.32	1540.49
0.200	400	3448.00	1149.62	543	4680.66	1560.61	680	5861.60	1954.35
0.300	535	4611.70	1537.61	660	5689.20	1896.87	835	7197.70	2399.83
0.400	620	5344.40	1781.91	750	6465.00	2155.53	924	7964.88	2655.62
0.500	652	5620.24	1873.88	782	6740.84	2247.50	974	8395.88	2799.32
ENSAYO 2									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	48	413.76	137.95	80	689.60	229.92	120	1034.40	344.89
0.050	75	646.50	215.55	148	1275.76	425.36	225	1939.50	646.66
0.075	120	1034.40	344.89	205	1767.10	589.18	290	2499.80	833.47
0.100	175	1508.50	502.96	280	2413.60	804.73	389	3353.18	1118.00
0.125	240	2068.80	689.77	348	2999.76	1000.17	478	4120.36	1373.79
0.150	285	2456.70	819.10	415	3577.30	1192.73	536	4620.32	1540.49
0.200	400	3448.00	1149.62	543	4680.66	1560.61	680	5861.60	1954.35
0.300	535	4611.70	1537.61	660	5689.20	1896.87	835	7197.70	2399.83
0.400	620	5344.40	1781.91	750	6465.00	2155.53	924	7964.88	2655.62
0.500	652	5620.24	1873.88	782	6740.84	2247.50	974	8395.88	2799.32
ENSAYO 3									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	49	418.07	139.39	81	698.22	232.80	121	1043.02	347.76
0.050	74	637.88	212.68	150	1293.00	431.11	224	1930.88	643.79
0.075	121	1043.02	347.76	204	1758.48	586.31	289	2491.18	830.60
0.100	174	1499.88	500.08	281	2422.22	807.61	391	3370.42	1123.75
0.125	241	2077.42	692.65	345	2973.90	991.55	480	4137.60	1379.54
0.150	284	2448.08	816.23	415	3577.30	1192.73	535	4611.70	1537.61
0.200	401	3456.62	1152.49	540	4654.80	1551.98	679	5852.98	1951.48
0.300	534	4603.08	1534.74	665	5732.30	1911.24	834	7189.08	2396.95
0.400	625	5387.50	1796.28	749	6456.38	2152.66	925	7973.50	2658.49
0.500	650	5603.00	1868.13	780	6723.60	2241.76	975	8404.50	2802.19

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 59. Promedios de esfuerzos, base +10% de escoria. Ensayo CBR

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
0.000	0.00	0.00	0.00
0.025	138.43	230.88	345.85
0.050	214.59	427.28	645.70
0.075	345.85	588.22	832.51
0.100	502.00	805.69	1118.96
0.125	690.73	997.30	1375.71
0.150	818.14	1192.73	1539.53
0.200	1150.58	1557.73	1953.39
0.300	1536.65	1901.66	2398.87
0.400	1786.70	2154.57	2656.58
0.500	1871.96	2245.59	2800.28

Fuente: elaboración propia.

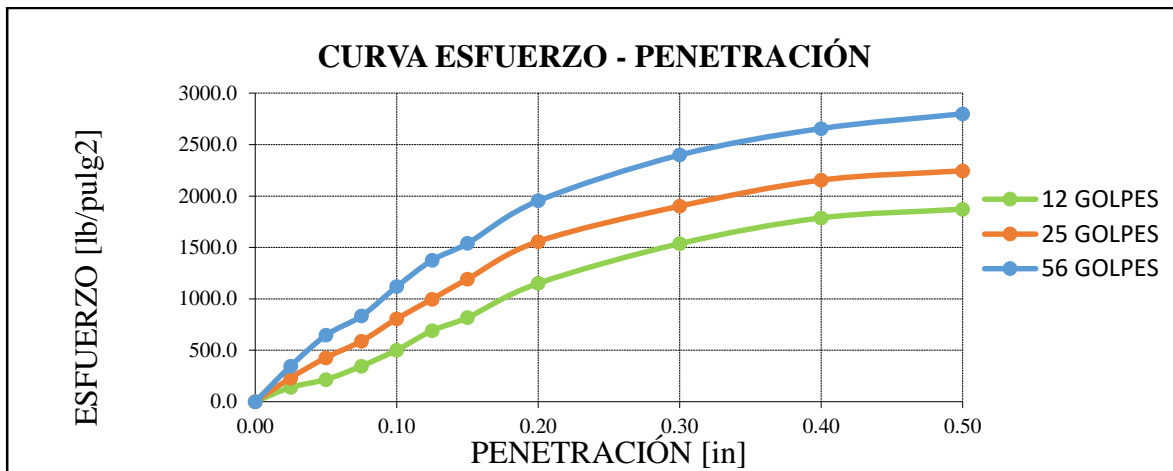


Gráfico 14. Esfuerzo vs penetración, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 60. Valores corregidos, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.

Nº GOLPES	MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	C.B,R % PROMEDIO	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD SECA PROMEDIO
12	1	0.1	502.96	1000	50.30	50.20	1.824	1.833
	1	0.1	502.96	1000	50.30		1.838	
	1	0.1	500.08	1000	50.01		1.837	
25	2	0.1	804.73	1000	80.47	80.57	1.942	1.941
	2	0.1	804.73	1000	80.47		1.938	
	2	0.1	807.61	1000	80.76		1.942	
56	3	0.1	1115.13	1000	111.51	111.90	2.069	2.072
	3	0.1	1118.00	1000	111.80		2.071	
	3	0.1	1123.75	1000	112.38		2.075	

Fuente: elaboración propia.

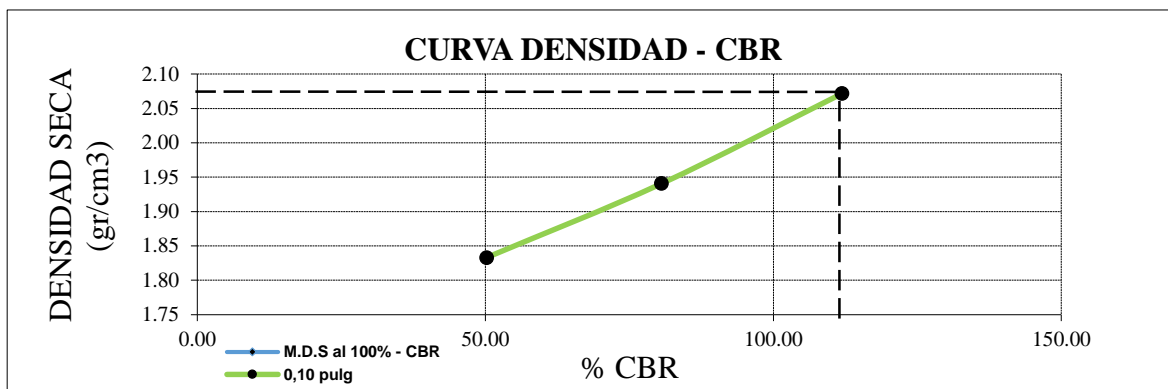


Gráfico 15. Densidad seca vs % CBR, base + 10% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 61. Resultados de la base + 10% de escoria. Ensayo CBR

RESULTADO DEL ENSAYO	
Máxima Densidad Seca al 100% (gr./cm ³)	2.072
Óptimo Contenido de Humedad (%)	8.01
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca (%)	111.90

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1.3 CBR, BASE + 15 % DE ESCORIA

Cuadro 62. Datos de moldeo, base + 15% de escoria, Ensayo de CBR.

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR MOLDE 1			SIN SATURAR MOLDE 2			SIN SATURAR MOLDE 3		
	Nº DE GOLPES POR CAPA								
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
SOBRECARGA (gr.)	4530			4530			4530		
Ensayos	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11780	11750	11759	12080	12050	12055	12400	12400	12402
Peso de Molde (gr.)	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4225	4195	4204	4525	4495	4500	4845	4845	4847
Volumen de Molde (cm ³)	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	1.994	1.980	1.984	2.135	2.121	2.124	2.286	2.286	2.287
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	94.48	94.60	94.60	105.65	105.70	105.75	96.75	96.75	96.75
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	87.50	87.50	87.40	97.98	97.98	97.95	89.93	89.85	90.00
Peso de Agua (gr.)	6.98	7.10	7.20	7.67	7.72	7.80	6.83	6.90	6.75
Peso de Cápsula (gr.)	10.33	10.33	10.33	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
Peso de Suelo Seco (gr.)	77.17	77.17	77.07	87.43	87.43	87.40	79.38	79.30	79.45
% de Humedad (%)	9.05	9.20	9.34	8.77	8.83	8.92	8.60	8.70	8.50
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.828	1.813	1.814	1.963	1.949	1.950	2.105	2.103	2.108

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 63. Promedios.

MOLDES	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD HÚMEDA	1.986	2.127	2.286
% DE HUMEDAD	9.20	8.84	8.60
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.818	1.954	2.105

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 64. Ensayo de expansión, base + 15% de escoria. Ensayo CBR

TIEMPO	LECTUR A DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
ENSAYO 1									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.455	0.455	0.359	0.502	0.502	0.395	0.562	0.562	0.443
48 hrs	0.497	0.497	0.391	0.534	0.534	0.421	0.595	0.595	0.468
72 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
ENSAYO 2									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.455	0.455	0.359	0.502	0.502	0.395	0.562	0.562	0.443
48 hrs	0.497	0.497	0.391	0.534	0.534	0.421	0.595	0.595	0.468
72 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
ENSAYO 3									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.455	0.455	0.359	0.502	0.502	0.395	0.562	0.562	0.443
48 hrs	0.497	0.497	0.391	0.534	0.534	0.421	0.595	0.595	0.468
72 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 65. Ensayo de carga de penetración, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2
ENSAYO 1									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	52	448.24	149.45	85	732.70	244.29	126	1086.12	362.13
0.050	77	663.74	221.30	156	1344.72	448.35	230	1982.60	661.03
0.075	125	1077.50	359.26	210	1810.20	603.55	310	2672.20	890.95
0.100	177	1525.74	508.71	285	2456.70	819.10	400	3448.00	1149.62
0.125	245	2111.90	704.14	347	2991.14	997.29	483	4163.46	1388.16
0.150	289	2491.18	830.60	418	3603.16	1201.35	540	4654.80	1551.98
0.200	405	3491.10	1163.99	545	4697.90	1566.36	681	5870.22	1957.23
0.300	538	4637.56	1546.24	668	5758.16	1919.86	836	7206.32	2402.70
0.400	629	5421.98	1807.77	752	6482.24	2161.28	930	8016.60	2672.86
0.500	653	5628.86	1876.75	784	6758.08	2253.25	978	8430.36	2810.82
ENSAYO 2									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	52	448.24	149.45	85	732.70	244.29	126	1086.12	362.13
0.050	77	663.74	221.30	156	1344.72	448.35	230	1982.60	661.03
0.075	125	1077.50	359.26	210	1810.20	603.55	310	2672.20	890.95
0.100	177	1525.74	508.71	285	2456.70	819.10	400	3448.00	1149.62
0.125	245	2111.90	704.14	347	2991.14	997.29	483	4163.46	1388.16
0.150	289	2491.18	830.60	418	3603.16	1201.35	540	4654.80	1551.98
0.200	405	3491.10	1163.99	545	4697.90	1566.36	681	5870.22	1957.23
0.300	538	4637.56	1546.24	668	5758.16	1919.86	836	7206.32	2402.70
0.400	629	5421.98	1807.77	752	6482.24	2161.28	930	8016.60	2672.86
0.500	653	5628.86	1876.75	784	6758.08	2253.25	978	8430.36	2810.82
ENSAYO 3									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	53	456.86	152.32	87	749.94	250.04	126	1086.12	362.13
0.050	78	672.36	224.18	160	1379.20	459.85	230	1982.60	661.03
0.075	126	1086.12	362.13	212	1827.44	609.30	310	2672.20	890.95
0.100	178	1534.36	511.58	286	2465.32	821.98	399	3439.38	1146.74
0.125	246	2120.52	707.02	350	3017.00	1005.92	483	4163.46	1388.16
0.150	290	2499.80	833.47	420	3620.40	1207.10	540	4654.80	1551.98
0.200	407	3508.34	1169.74	550	4741.00	1580.73	681	5870.22	1957.23
0.300	540	4654.80	1551.98	670	5775.40	1925.61	836	7206.32	2402.70
0.400	630	5430.60	1810.65	755	6508.10	2169.90	930	8016.60	2672.86
0.500	655	5646.10	1882.50	785	6766.70	2256.13	980	8447.60	2816.57

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 66. Promedios de esfuerzos, base +15% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
0.000	0.00	0.00	0.00
0.025	150.41	246.21	362.13
0.050	222.26	452.18	661.03
0.075	360.22	605.47	890.95
0.100	509.67	820.06	1148.66
0.125	705.10	1000.17	1388.16
0.150	831.56	1203.27	1551.98
0.200	1165.91	1571.15	1957.23
0.300	1548.15	1921.78	2402.70
0.400	1808.73	2164.15	2672.86
0.500	1878.67	2254.21	2812.74

Fuente: elaboración propia.

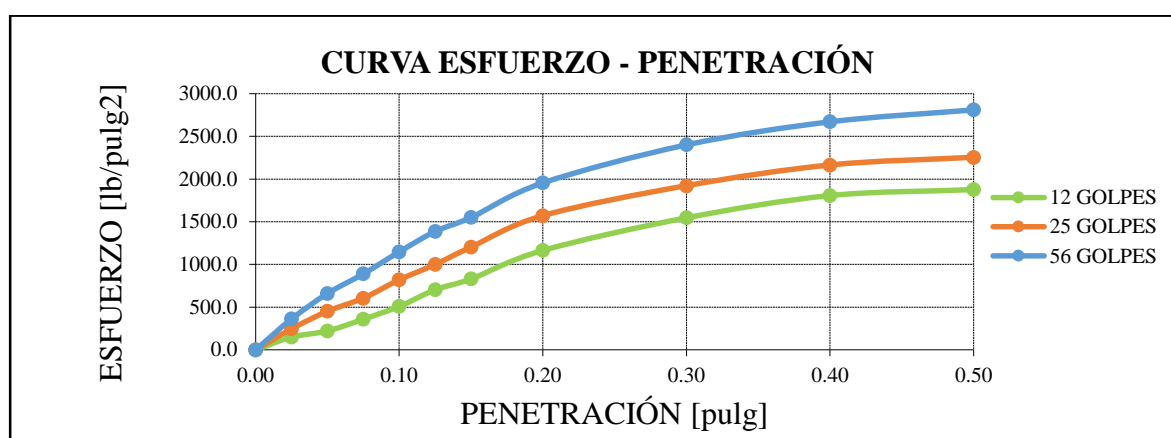


Gráfico 16. Esfuerzo vs penetración, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 67. Valores corregidos, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.

VALORES CORREGIDOS								
N° GOLPES	MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	C.B,R % PROMEDIO	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD SECA PROMEDIO
12	1	0.1	508.71	1000	50.87	50.97	1.828	1.818
	1	0.1	508.71	1000	50.87		1.813	
	1	0.1	511.58	1000	51.16		1.814	
25	2	0.1	819.10	1000	81.91	82.01	1.963	1.954
	2	0.1	819.10	1000	81.91		1.949	
	2	0.1	821.98	1000	82.20		1.950	
56	3	0.1	1149.62	1000	114.96	114.87	2.105	2.105
	3	0.1	1149.62	1000	114.96		2.103	
	3	0.1	1146.74	1000	114.67		2.108	

Fuente: elaboración propia.

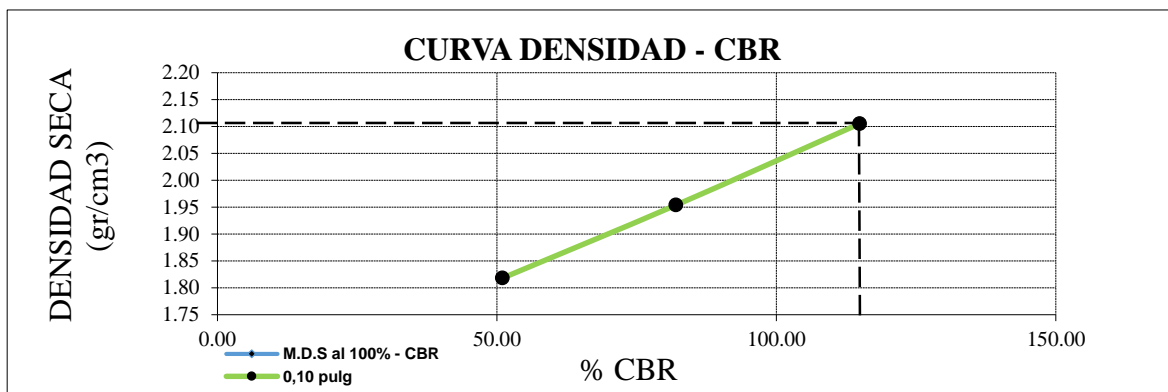


Gráfico 17. Densidad seca vs % CBR, base + 15% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 68. Resultados de la base + 15% de escoria. Ensayo CBR

RESULTADO DEL ENSAYO		
Máxima Densidad Seca al 100%	(gr./cm ³)	2.105
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	8.60
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	(%)	114.87

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1.4 CBR, BASE + 20 % DE ESCORIA

Cuadro 69. Datos de moldeo, base + 20% de escoria, Ensayo de CBR.

ESTADO MOLDE	SIN SATURAR MOLDE 1			SIN SATURAR MOLDE 2			SIN SATURAR MOLDE 3		
	Nº DE GOLPES POR CAPA								
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
SOBRECARGA (gr.)	4530			4530			4530		
Ensayos	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11799	11810	11810	12105	12100	12080	12468	12480	12478
Peso de Molde (gr.)	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4244	4255	4255	4550	4545	4525	4913	4925	4923
Volumen de Molde (cm ³)	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.003	2.008	2.008	2.147	2.145	2.135	2.319	2.324	2.323
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	94.6	94.6	94.1	105.75	105.75	105.4	96.75	96.75	96.75
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	88.3	88.3	88.3	98.9	98.9	98.7	91.11	91.17	91.07
Peso de Agua (gr.)	6.3	6.3	5.8	6.85	6.85	6.7	5.64	5.58	5.68
Peso de Cápsula (gr.)	10.33	10.33	10.33	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
Peso de Suelo Seco (gr.)	77.97	77.97	77.97	88.35	88.35	88.15	80.56	80.62	80.52
% de Humedad (%)	8.08	8.08	7.44	7.75	7.75	7.6	7	6.92	7.05
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.853	1.858	1.869	1.993	1.991	1.985	2.167	2.174	2.170

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 70. Promedios.

MOLDES	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD HÚMEDA	2.006	2.142	2.322
% DE HUMEDAD	7.87	7.7	6.99
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.860	1.990	2.170

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 71. Ensayo de expansión, base + 20% de escoria. Ensayo CBR

TIEMPO	LECTUR A DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
ENSAYO 1									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.442	0.442	0.348	0.496	0.496	0.391	0.561	0.561	0.442
48 hrs	0.507	0.507	0.399	0.540	0.540	0.425	0.594	0.594	0.468
72 hrs	0.545	0.545	0.429	0.545	0.545	0.429	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.545	0.545	0.429	0.545	0.545	0.429	0.600	0.600	0.472
ENSAYO 2									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.244	0.244	0.192	0.269	0.269	0.212	0.301	0.301	0.237
48 hrs	0.266	0.266	0.210	0.286	0.286	0.225	0.319	0.319	0.251
72 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253
ENSAYO 3									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.244	0.244	0.192	0.269	0.269	0.212	0.301	0.301	0.237
48 hrs	0.266	0.266	0.210	0.286	0.286	0.225	0.319	0.319	0.251
72 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.229	0.321	0.321	0.253

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 72. Ensayo de carga de penetración, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2
ENSAYO 1									
0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.025	55.00	474.10	158.07	90.00	775.80	258.66	130.00	1120.60	373.63
0.050	80.00	689.60	229.92	163.00	1405.06	468.47	233.00	2008.46	669.65
0.075	130.00	1120.60	373.63	215.00	1853.30	617.92	318.00	2741.16	913.95
0.100	180.00	1551.60	517.33	292.00	2517.04	839.22	405.00	3491.10	1163.99
0.125	250.00	2155.00	718.51	357.00	3077.34	1026.03	485.00	4180.70	1393.91
0.150	294.00	2534.28	844.97	425.00	3663.50	1221.47	543.00	4680.66	1560.61
0.200	410.00	3534.20	1178.36	560.00	4827.20	1609.47	685.00	5904.70	1968.72
0.300	544.00	4689.28	1563.48	678.00	5844.36	1948.60	840.00	7240.80	2414.20
0.400	638.00	5499.56	1833.64	755.00	6508.10	2169.90	933.00	8042.46	2681.49
0.500	660.00	5689.20	1896.87	789.00	6801.18	2267.62	983.00	8473.46	2825.19
ENSAYO 2									
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	55	474.10	158.07	90	775.80	258.66	130	1120.60	373.63
0.050	80	689.60	229.92	163	1405.06	468.47	233	2008.46	669.65
0.075	130	1120.60	373.63	215	1853.30	617.92	318	2741.16	913.95
0.100	180	1551.60	517.33	292	2517.04	839.22	404	3482.48	1161.11
0.125	250	2155.00	718.51	357	3077.34	1026.03	485	4180.70	1393.91
0.150	294	2534.28	844.97	425	3663.50	1221.47	543	4680.66	1560.61
0.200	410	3534.20	1178.36	560	4827.20	1609.47	685	5904.70	1968.72
0.300	544	4689.28	1563.48	678	5844.36	1948.60	840	7240.80	2414.20
0.400	638	5499.56	1833.64	755	6508.10	2169.90	933	8042.46	2681.49
0.500	660	5689.20	1896.87	789	6801.18	2267.62	983	8473.46	2825.19
ENSAYO 3									
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.025	55	474.1	158.07	90	775.8	258.66	130	1120.6	373.63
0.050	80	689.6	229.92	163	1405.06	468.47	233	2008.46	669.65
0.075	130	1120.6	373.63	215	1853.3	617.92	318	2741.16	913.95
0.100	180	1551.6	517.33	292	2517.04	839.22	402	3465.24	1155.37
0.125	250	2155	718.51	357	3077.34	1026.03	485	4180.7	1393.91
0.150	294	2534.28	844.97	425	3663.5	1221.47	543	4680.66	1560.61
0.200	410	3534.2	1178.36	560	4827.2	1609.47	685	5904.7	1968.72
0.300	544	4689.28	1563.48	678	5844.36	1948.6	840	7240.8	2414.2
0.400	638	5499.56	1833.64	755	6508.1	2169.9	933	8042.46	2681.49
0.500	660	5689,20	1896,87	789	6801,18	2267,62	983	8473,46	2825,19

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 73. Promedios de esfuerzos, base +20% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
0.000	0.000	0.000	0.000
0.025	158.070	258.660	373.630
0.050	229.920	468.470	669.650
0.075	373.630	617.920	913.950
0.100	517.330	839.220	1160.160
0.125	718.510	1026.030	1393.910
0.150	844.970	1221.470	1560.610
0.200	1178.360	1609.470	1968.720
0.300	1563.480	1948.600	2414.200
0.400	1833.640	2169.900	2681.490
0.500	1896.870	2267.620	2825.190

Fuente: elaboración propia.

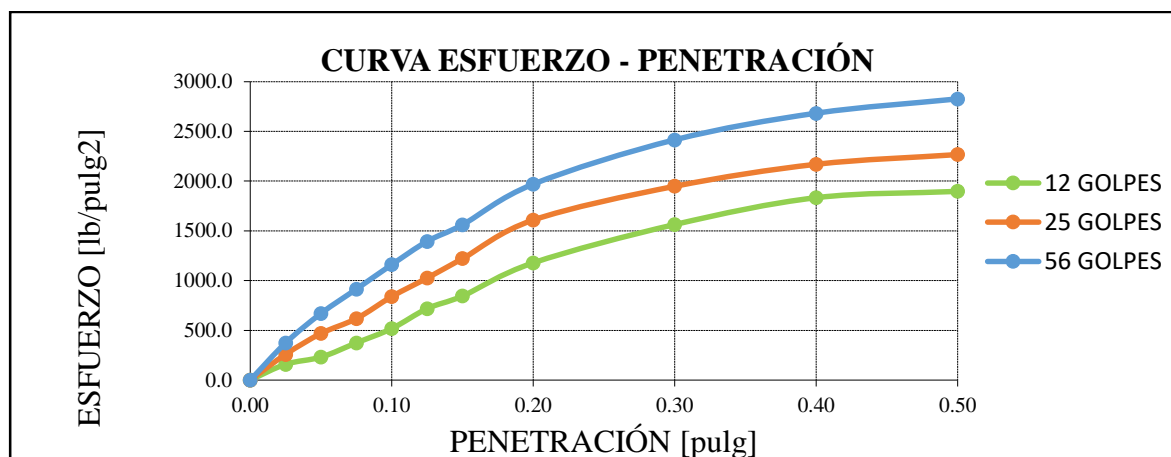


Gráfico 18. Esfuerzo vs penetración, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 74. Valores corregidos, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.

Nº GOLPES	MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	C.B,R % PROMEDIO	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD SECA PROMEDIO
12	1	0.1	517.33	1000	51.73	51.73	1.853	1.860
	1	0.1	517.33	1000	51.73		1.858	
	1	0.1	517.33	1000	51.73		1.869	
25	2	0.1	839.22	1000	83.92	83.92	1.993	1.990
	2	0.1	839.22	1000	83.92		1.991	
	2	0.1	839.22	1000	83.92		1.985	
56	3	0.1	1163.99	1000	116.4	116.02	2.167	2.170
	3	0.1	1161.11	1000	116.11		2.174	
	3	0.1	1155.37	1000	115.54		2.170	

Fuente: elaboración propia.

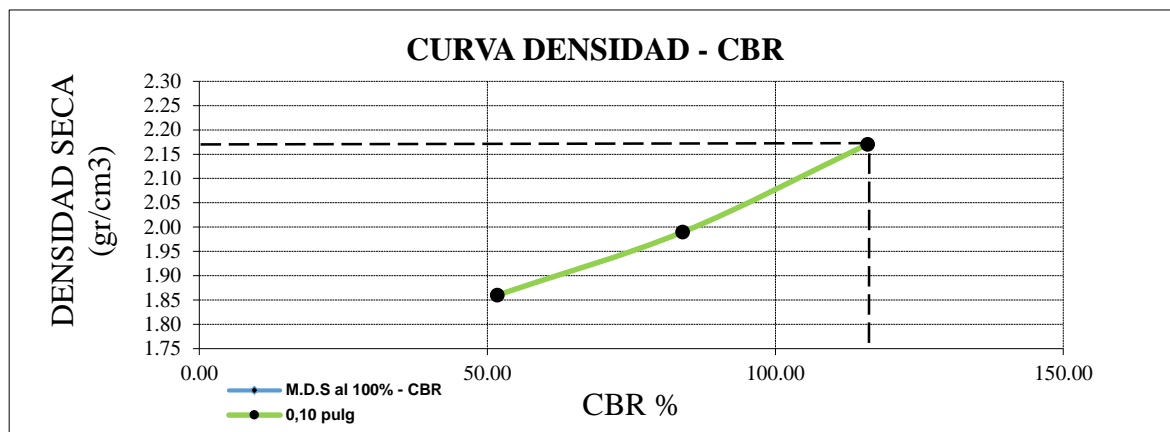


Gráfico 19. Densidad seca vs % CBR, base + 20% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 75. Resultados de la base + 20% de escoria. Ensayo CBR

Máxima Densidad Seca al 100%	(gr./cm ³)	2.170
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	6.99
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	(%)	116.02

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.1.5 CBR, BASE + 25 % DE ESCORIA

Cuadro 76. Datos de moldeo, base + 25% de escoria, Ensayo de CBR.

ESTADO	SIN SATURAR			SIN SATURAR			SIN SATURAR		
MOLDE	MOLDE 1			MOLDE 2			MOLDE 3		
Nº DE GOLPES POR CAPA	12			25			56		
SOBRECARGA (gr.)	4530			4530			4530		
Ensayos	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3	E 1	E 2	E 3
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	11820	11823	11720	12150	12160	12131	12573	12552	12565
Peso de Molde (gr.)	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555	7555
Peso del suelo Húmedo (gr.)	4265	4268	4165	4595	4605	4576	5018	4997	5010
Volumen de Molde (cm ³)	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119	2119
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085	1085
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.013	2.014	1.966	2.168	2.173	2.160	2.368	2.358	2.364
CONTENIDO DE HUMEDAD									
Peso de suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	94.1	94.1	94.1	107.13	107.13	107.13	96.75	96.75	96.75
Peso de suelo seco + Cápsula (gr.)	87.5	87.8	87.95	100	100.2	100.25	90.4	90.8	90.77
Peso de Agua (gr)	6.6	6.3	6.15	7.13	6.93	6.88	6.35	5.96	5.98
Peso de Cápsula (gr.)	10.33	10.33	10.33	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55	10.55
Peso de Suelo Seco (gr.)	77.17	77.47	77.62	89.45	89.65	89.7	79.85	80.25	80.22
% de Humedad (%)	8.55	8.13	7.92	7.97	7.73	7.67	7.95	7.42	7.45
Densidad de Suelo Seco (gr/cm ³)	1.854	1.863	1.821	2.008	2.017	2.006	2.194	2.195	2.200

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 77. Promedios.

MOLDES	MOLDE 1	MOLDE 2	MOLDE 3
DENSIDAD HÚMEDA	1.998	2.167	2.363
% DE HUMEDAD	8.20	7.79	7.61
DENSIDAD DE SUELO SECO	1.846	2.010	2.196

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 78. Ensayo de expansión, base + 25% de escoria. Ensayo CBR

TIEMPO	LECTUR A DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
ENSAYO 1									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.255	0.255	0.201	0.262	0.262	0.206	0.279	0.279	0.220
48 hrs	0.279	0.279	0.220	0.284	0.284	0.224	0.316	0.316	0.249
72 hrs	0.281	0.281	0.221	0.288	0.288	0.226	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.281	0.281	0.221	0.288	0.288	0.226	0.321	0.321	0.253
ENSAYO 2									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.224	0.224	0.176	0.255	0.255	0.200	0.298	0.298	0.235
48 hrs	0.247	0.247	0.194	0.210	0.270	0.213	0.316	0.316	0.249
72 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253
ENSAYO 3									
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.224	0.224	0.176	0.255	0.255	0.200	0.298	0.298	0.235
48 hrs	0.247	0.247	0.194	0.270	0.270	0.213	0.316	0.316	0.249
72 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 79. Ensayo de carga de penetración, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg2
ENSAYO 1									
0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
0.025	65	560.300	186.810	97	836.140	278.780	142	1224.040	408.110
0.050	85	732.700	244.290	168	1448.160	482.840	245	2111.900	704.140
0.075	145	1249.900	416.740	220	1896.400	632.290	325	2801.500	934.060
0.100	190	1637.800	546.070	300	2586.000	862.210	430	3706.600	1235.840
0.125	261	2249.820	750.130	367	3163.540	1054.770	500	4310.000	1437.020
0.150	301	2594.620	865.090	428	3689.360	1230.090	549	4732.380	1577.850
0.200	417	3594.540	1198.480	563	4853.060	1618.090	700	6034.000	2011.830
0.300	560	4827.200	1609.470	680	5861.600	1954.350	848	7309.760	2437.190
0.400	642	5534.040	1845.140	762	6568.440	2190.020	950	8189.000	2730.340
0.500	679	5852.980	1951.480	795	6852.900	2284.870	1000	8620.000	2874.050
ENSAYO 2									
0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
0.025	66	568.920	189.690	95	818.900	273.030	145	1249.900	416.740
0.050	86	741.320	247.170	170	1465.400	488.590	244	2103.280	701.270
0.075	144	1241.280	413.860	221	1905.020	635.160	327	2818.740	939.810
0.100	191	1646.420	548.940	298	2568.760	856.470	431	3715.220	1238.710
0.125	260	2241.200	747.250	365	3146.300	1049.030	500	4310.000	1437.020
0.150	300	2586.000	862.210	430	3706.600	1235.840	550	4741.000	1580.730
0.200	418	3603.160	1201.350	565	4870.300	1623.840	701	6042.620	2014.710
0.300	565	4870.300	1623.840	683	5887.460	1962.970	850	7327.000	2442.940
0.400	645	5559.900	1853.760	765	6594.300	2198.650	951	8197.620	2733.220
0.500	680	5861.600	1954.350	796	6861.520	2287.740	999	8611.380	2871.170
ENSAYO 3									
0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000	0	0.000	0.000
0.025	65	560.300	186.810	95	818.900	273.030	145	1249.900	416.740
0.050	85	732.700	244.290	170	1465.400	488.590	245	2111.900	704.140
0.075	145	1249.900	416.740	220	1896.400	632.290	325	2801.500	934.060
0.100	190	1637.800	546.070	300	2586.000	862.210	430	3706.600	1235.840
0.125	260	2241.200	747.250	365	3146.300	1049.030	500	4310.000	1437.020
0.150	300	2586.000	862.210	430	3706.600	1235.840	550	4741.000	1580.730
0.200	420	3620.400	1207.100	565	4870.300	1623.840	700	6034.000	2011.830
0.300	565	4870.300	1623.840	685	5904.700	1968.720	850	7327.000	2442.940
0.400	645	5559.900	1853.760	765	6594.300	2198.650	950	8189.000	2730.340
0.500	680	5861.600	1954.350	795	6852.900	2284.870	1000	8620.000	2874.050

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 80. Promedios de esfuerzos, base +25% de escoria. Ensayo CBR.

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2	ESFUERZO lbs/pulg2
	12 GOLPES	25 GOLPES	56 GOLPES
0.000	0.000	0.000	0.000
0.025	187.770	274.950	413.860
0.050	245.250	486.670	703.180
0.075	415.780	633.250	935.980
0.100	547.030	860.300	1236.800
0.125	748.210	1050.940	1437.020
0.150	863.170	1233.920	1579.770
0.200	1202.310	1621.920	2012.790
0.300	1619.050	1962.010	2441.020
0.400	1850.890	2195.770	2731.300
0.500	1953.390	2285.830	2873.090

Fuente: elaboración propia.

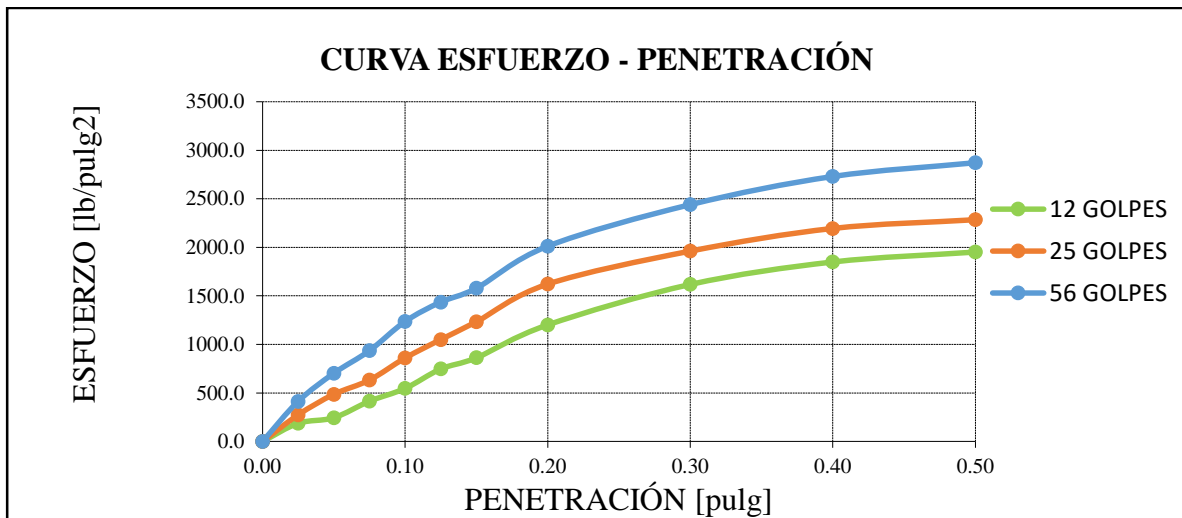


Gráfico 20. Esfuerzo vs penetración, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 81. Valores corregidos, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.

Nº GOLPES	MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg2)	PRESIÓN PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B,R %	C.B,R % PROMEDIO	DENSIDAD SECA (gr/cm3)	DENSIDAD SECA PROMEDIO
12	1	0.1	546.07	1000	54.61	54.700	1.854	1.846
	1	0.1	548.94	1000	54.89		1.863	
	1	0.1	546.07	1000	54.61		1.821	
25	2	0.1	862.21	1000	86.22	86.03	2.008	2.010
	2	0.1	856.47	1000	85.65		2.017	
	2	0.1	862.21	1000	86.22		2.006	
56	3	0.1	1235.84	1000	123.58	123.68	2.194	2.196
	3	0.1	1238.71	1000	123.87		2.195	
	3	0.1	1235.84	1000	123.58		2.200	

Fuente: elaboración propia.

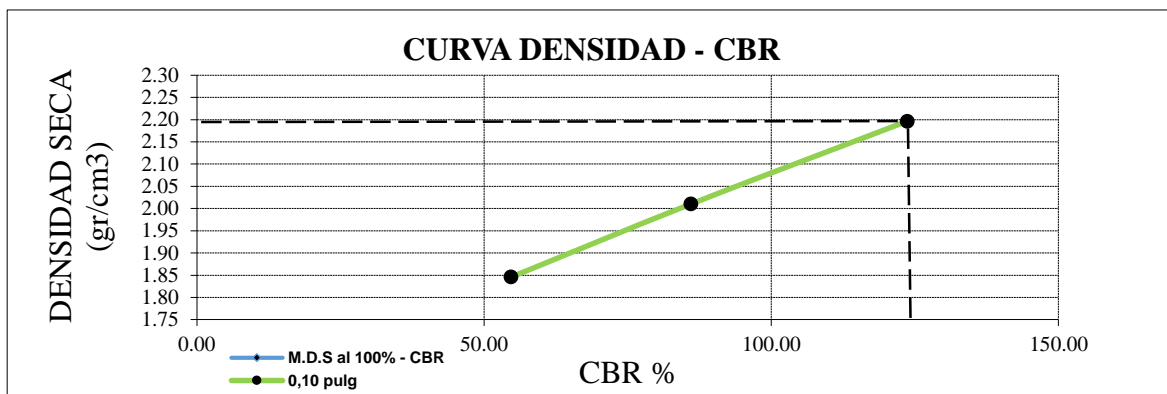


Gráfico 21. Densidad seca vs % CBR, base + 25% de escoria. Ensayo CBR.

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 82. Resultados de la base + 25% de escoria. Ensayo CBR.

Máxima Densidad Seca al 100%	(gr./cm3)	2.196
Óptimo Contenido de Humedad	(%)	7.61
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	(%)	123.68

Fuente: elaboración propia.

3.4.2.2 Análisis de resultados

Según el Manual de Carreteras EG-2013 propone un valor mínimo de CBR de 80% para bases granulares. La base utilizada sin la incorporación de escoria presentó un valor de CBR de 108.53%, lo cual se encuentra en los límites sugeridos por la norma. Conforme a esto el CBR de la base granular de la cantera Yauri aumentó conforme se incrementó su porcentaje de escoria de acero. Por otra parte, el mayor porcentaje de escoria que se utilizó corresponde al 25% y el CBR con dicho porcentaje alcanzó un valor de 123.68%, para una penetración de 0.1” incrementando así su resistencia.

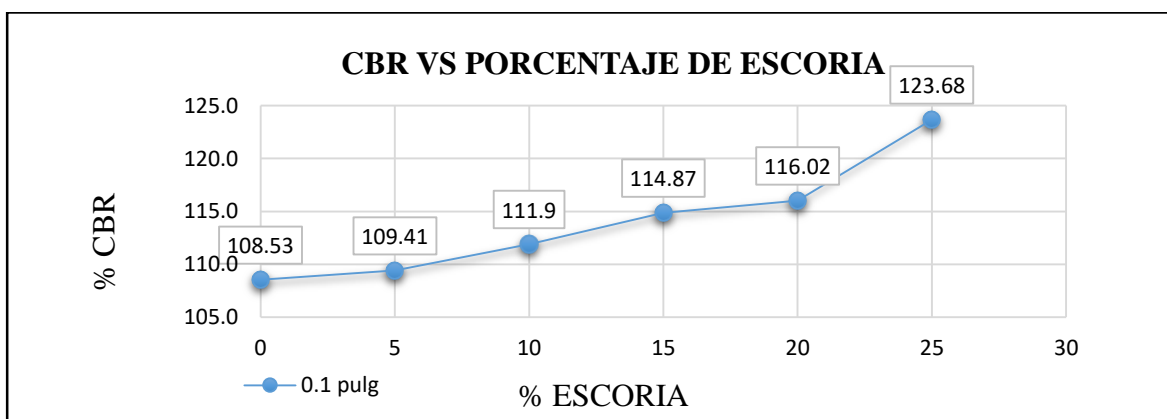


Gráfico 22. CBR vs porcentaje de escoria.

Fuente: elaboración propia.

3.5 Análisis estadístico de resultados (SPSS)

3.5.1 Máxima densidad seca

3.5.1.1 Prueba de Normalidad

Cuadro 83. Prueba de normalidad de la máxima densidad seca con porcentajes de escoria.

% DE ESCORIA	ESTADÍSTICO	MUESTRAS	SIGNIFICANCIA (P)*
BGP	0.987	3	0.78
BGE5	1.000	3	1.000
BGE10	0.964	3	0.637
BGE15	0.987	3	0.780
BGE20	0.993	3	0.843
BGE25	0.871	3	0.298

Fuente: elaboración propia.

3.5.1.1.1 Análisis de Resultado

Las muestras cumplieron con la prueba de normalidad ($p > 0.05$), por lo que se aplicará la prueba ANOVA.

3.5.1.2 Análisis de Varianza (ANOVA)

Análisis de varianza de (ANOVA) para los datos de la máxima densidad seca según los porcentajes de escoria.

Cuadro 84. Análisis de varianza (ANOVA) de la máxima densidad seca con porcentajes de escoria.

	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA (P)*
Entre grupos	0.075	5.000	0.015	1974769.000	0.000
Dentro de grupos	0.000	12.000	0.000		
Total	0.075	17.000			

Fuente: elaboración propia.

3.5.1.2.1 Análisis de Resultado

La diferencia de medias es muy significativa en el nivel ($p < 0.01$).

3.5.1.3 Comparación Múltiple

Comparación múltiple entre las muestras de incorporación de escoria de acero según su máxima densidad seca.

Cuadro 85. Comparación múltiple de la máxima densidad seca con porcentaje de escoria.

	BGP	BGE5	BGE10	BGE15	BGE20	BGE25
BGP	-	0.682	0.000	0.000	0.000	0.000
BGE5	0.682	-	0.000	0.000	0.000	0.000
BGE10	0.000	0.000	-	0.000	0.000	0.000
BGE15	0.000	0.000	0.000	-	0.000	0.000
BGE20	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.000
BGE25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-

Fuente: elaboración propia.

3.5.1.3.1 Análisis de resultado

Solo en las muestras (BGP y BGE5) la diferencia de medias no es significativa ($p > 0.05$).

3.5.2 Óptimo contenido de humedad

3.5.2.1 Prueba de Normalidad

Cuadro 86. Prueba de normalidad del óptimo contenido de humedad con porcentajes de escoria.

% DE ESCORIA	ESTADÍSTICO	MUESTRAS	SIGNIFICANCIA (P)*
BGP	0.847	3	0.232
BGE5	0.824	3	0.174
BGE10	0.750	3	0.000
BGE15	1.000	3	1.000
BGE20	0.983	3	0.747
BGE25	0.792	3	0.096

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.1.1 Análisis de resultado

Las muestras cumplieron con la prueba de normalidad ($p > 0.05$)

3.5.2.2 Análisis de varianza (ANOVA)

Análisis de varianza de (ANOVA) para los datos de óptimo contenido de humedad para los porcentajes de escoria.

Cuadro 87. Análisis de varianza (ANOVA) del óptimo contenido de humedad con porcentajes de escoria.

	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA (P)*
Entre grupos	19.278	5	3.856	146.662	0.000
Dentro de grupos	0.315	12	0.026		
Total	19.593	17			

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.2.1 Análisis de resultado

La diferencia de medias es muy significativa en el nivel ($p < 0.01$).

3.5.2.3 Comparación múltiple

Comparación múltiple entre las muestras de incorporación de escoria de acero según su óptimo contenido de humedad.

Cuadro 88. Comparación múltiple del óptimo contenido de humedad con porcentajes de escoria.

	BGP	BGE5	BGE10	BGE15	BGE20	BGE25
BGP	-	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
BGE5	0.000	-	0.889	0.001	0.000	0.388
BGE10	0.000	0.889	-	0.008	0.000	0.081
BGE15	0.000	0.001	0.008	-	0.000	0.000
BGE20	0.000	0.000	0.000	0.000	-	0.006
BGE25	0.000	0.388	0.081	0.000	0.006	-

Fuente: elaboración propia.

3.5.2.3.1 Análisis de resultado

Solo en las muestras (BGE5 y BGE10), (BGE5 y BGE25), (BGE10 y BGE25) la diferencia de medias no es significativa ($p > 0.05$).

3.5.3 Índice de CBR

3.5.3.1 Prueba de normalidad

Cuadro 89. Prueba de normalidad del CBR con porcentajes de escoria.

% DE ESCORIA	ESTADÍSTICO	MUESTRAS	SIGNIFICANCIA (P)*
BGP	0.750	3	0.000
BGE5	0.979	3	0.724
BGE10	0.964	3	0.637
BGE15	0.750	3	0.000
BGE20	0.966	3	0.645
BGE25	0.750	3	0.000

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.1.1 Análisis de resultado

Las muestras cumplieron con la prueba de normalidad ($p > 0.05$).

3.5.3.2 Análisis de varianza (ANOVA)

Análisis de varianza de (ANOVA) para los datos de CBR según los porcentajes de escoria.

Cuadro 90. Análisis de varianza (ANOVA) CBR con porcentajes de escoria.

	SUMA DE CUADRADOS	GL	MEDIA CUADRÁTICA	F	SIGNIFICANCIA (P)*
Entre grupos	461.809	5	92.362	159.851	0.000
Dentro de grupos	6.934	12	0.578		
Total	468.743	17			

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.2.1 Análisis de resultado

La diferencia de medias es muy significativa en el nivel ($p < 0.01$).

3.5.3.3 Comparación múltiple

Cuadro 91. Comparación múltiple del CBR con porcentajes de escoria.

	BGP	BGE5	BGE10	BGE15	BGE20	BGE25
BGP	-	0.720	0.002	0.000	0.000	0.000
BGE5	0.720	-	0.016	0.000	0.000	0.000
BGE10	0.002	0.016	-	0.005	0.000	0.000
BGE15	0.000	0.000	0.005	-	0.468	0.000
BGE20	0.000	0.000	0.000	0.468	-	0.000
BGE25	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	-

Fuente: elaboración propia.

3.5.3.3.1 Análisis de resultado

Solo en las muestras (BGP5 y BGE5), (BGE20 y BGE15), la diferencia de medias no es significativa ($p > 0.05$).

3.6 Resumen de resultados

En los siguientes cuadros se presenta el resumen de los ensayos realizados a la base granular extraída de la cantera Yauri- Chicama.

Cuadro 92. Granulometría base granular y escoria de acero.

PROPIEDADES FÍSICAS								CLASIFICACIÓN	
GRANULOMETRÍA	% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO
BASE GRANULAR NATURAL	0.75	2.58	29.73	67.69	NP	NP	NP	GW	A-1-a(0)
ESCORIA DE ACERO	NP	0.14	0.5	99.36	NP	NP	NP	GP	A-1-a(0)

Fuente: elaboración propia.

Las propiedades físicas de la base granular, según el cuadro 92, si cumple con los requerimientos estipulados en el manual de carreteras EG – 2013 (ver cuadro 25).

Cuadro 93. Ensayos especiales para base granular.

PROPIEDADES FÍSICAS	REQUERIMIENTOS EG-2013	CANTERA YAURI
ABRASIÓN LOS ÁNGELES	40 % máx.	15.1%
PARTÍCULAS CON UNA CARA	80 % min	83.58%
PARTÍCULAS CON DOS CARAS	40 % min	41.02%
PARTÍCULAS CHATAS Y ALARGADAS	15 % máx.	14%
EQUIVALENTE DE ARENA	35 % min	35%
PROPIEDADES QUÍMICAS		
DURABILIDAD SULFATOS DE MAGNESIO GRUESO	-----	5.24%
DURABILIDAD SULFATOS DE MAGNESIO FINO	-----	13.85%
SALES SOLUBLES A.G	0.5 % máx.	0.42%
SALES SOLUBLES A.F	0.5 % máx.	0.47%

Fuente: elaboración propia.

Los ensayos especiales si cumple con los requerimientos estipulados en el manual de carreteras EG – 2013 (ver cuadros 26 y 27).

Cuadro 94. Propiedades mecánicas proctor modificado y CBR.

PROPIEDADES MECÁNICAS						
CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL	MDS (g/cm ³)	PROMEDIO MDS (g/cm ³)	OCH (%)	PROMEDIO OCH (%)	CBR 100%	PROMEDIO OCH (%)
BASE GRANULAR NATURAL	2.028	2.028	5.12	5.36	110.02	108.53
	2.025		5.45		107.78	
	2.030		5.50		107.78	
INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO	2.030	2.031	8.00	7.87	109.21	109.4
	2.032		7.82		108.35	
	2.031		7.80		110.65	
INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO	2.069	2.072	8.01	8.01	111.51	111.9
	2.071		8.02		111.80	
	2.075		8.01		112.38	
INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO	2.105	2.105	8.60	8.60	114.96	114.86
	2.103		8.70		114.96	
	2.108		8.50		114.67	
INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO	2.167	2.170	7.00	6.99	116.40	116.02
	2.174		6.92		116.11	
	2.170		7.05		115.54	
INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO	2.194	2.196	7.95	7.61	123.58	123.68
	2.195		7.42		123.87	
	2.200		7.45		123.58	

Fuente: elaboración propia.

Al comparar los resultados de las propiedades mecánicas se observó que, conforme se aumentaba el porcentaje de escoria, se genera un incremento en la máxima densidad seca y en el índice de CBR; no obstante, hubo una variación en los porcentajes del óptimo contenido de humedad.

IV. DISCUSIÓN

DISCUSIÓN 1

Para Gallegos y Paredes (2019), sus materiales para capa de base granular no cumplió con los requerimientos granulométricos, tampoco cumplió con los ensayos especiales indicadas el manual de carreteras EG-2013, obteniendo como CBR 27%. Así mismo, para Neri (2018), los agregados para material de base granular no le cumplieron, obteniendo como CBR 66.61%, 66.66% y 66.56% para el estudio de sus tres canteras, siendo 80% el mínimo requerido según el Manual de Carreteras EG-2013. De acuerdo a nuestros resultados obtenidos, nuestra base granular, cumplió en la granulometría, los ensayos especiales y además, obteniendo un valor de índice de CBR de 108.53%.

DISCUSIÓN 2

Si hablamos de la incorporación de escoria de acero, por ese lado obtuvimos resultados favorables en el incremento de las propiedades mecánicas para la base granular ya que según Gallegos y Paredes (2019), su base granular incrementó de un 26% a 39% (un 13% neto) la capacidad de soporte mediante el ensayo de CBR con los porcentajes de 5%, 15%, 25%, 35% y 40%; así mismo, de acuerdo a los estudios de Sánchez (2016), se determinó que las escorias negras poseen buenas propiedades de resistencia al desgaste por abrasión (< al 35%) y CBR superiores al 100%. Así también, Ccoillo (2017), sostiene en base a sus resultados, que la escoria aporta una mejora en la resistencia del suelo estudiado. En cuanto a nuestro estudio, se obtuvo una variación de 108.53% a 123.68% en el CBR con 25% de escoria, lo que da un aumento de 13.96% neto; coincidiendo con Gallegos y Paredes (2019), en cuanto a la tendencia, pero este usó 40% de escoria vs 25% de nuestra investigación.

DISCUSIÓN 3

Luego de observar que la incorporación de escoria mejora las propiedades mecánicas vamos a comparar varios tipos de materiales incorporados en base granular. En ese sentido, Pacheco (2019), al aplicar cloruro de calcio con material de afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas, en su trabajo utilizo como estabilizante el producto QUIM KD-40 en porcentajes de 10%, 30% y 50%, concluyendo que el porcentaje óptimo es el 10%, resultando un CBR de 68.04% para la cantera Tres Tomas y 71.75% para la cantera La Victoria. Asimismo, Cárdenas (2018), al usar el aditivo CON – AID CBR Plus en porcentajes de 0.5% 1% 1.5% 2.0%, para mejorar las características del suelo en estudio,

llego a concluir que el porcentaje óptimo es 1.0%, obteniendo un índice de CBR de 56%. Por su parte, Vásquez y Manrique (2018), adicionó cemento portland tipo I en porcentajes de 0.5%, 1% y 1.5%, a la capa de base de la carretera en estudio, obteniendo un CBR máximo de 148.04%. Así también Contreras y Herrera (2015), adicionaron escombros de la construcción a los agregados naturales, para utilizar esta combinación como base granular, en proporciones de 50-50, 60-40 y 75-25 respectivamente, obteniendo un CBR máximo de 115.62%, correspondiente a la menor proporción de agregado reciclado. En conclusión, Pacheco (2019) y Cárdenas (2018) no cumplieron con el valor mínimo de CBR para base granular (80%) según la norma; por el contrario, Vásquez y Manrique (2018) y Contreras y Herrera (2015), sí cumplieron con los requerimientos de CBR para base granular, indicados en el manual de carreteras – EG 2013.

V. CONCLUSIONES

1. La incorporación de escoria de acero en una base granular ha logrado incrementar favorablemente sus propiedades mecánicas, puesto que la evidencia obtenida con los ensayos de proctor modificado y CBR de laboratorio nos indican una tendencia creciente en los valores de la máxima densidad seca (MDS) y del índice de CBR, traduciéndose en un aumento de la resistencia del material frente a las solicitaciones de cargas. Por lo tanto, es factible incorporar escoria de acero como una alternativa para mejorar las propiedades mecánicas de una base granular y otras capas, con similares características, de las vías pavimentadas o no pavimentadas.
2. La escoria de acero utilizada en esta investigación presenta una granulometría correspondiente a una grava mal graduada (GP) según la clasificación SUCS y un tipo A-1-a según AASHTO, con un porcentaje muy bajo de finos de 0.14%.
3. Los materiales que conforman la base granular de la cantera “Yauri” cumplieron en un 100% con los requerimientos para base granular estipulados en el Manual de Carreteras: EG – 2013; tales como: una granulometría correspondiente a la gradación A, un índice de CBR de 108.53 y con todos los ensayos especiales para agregado grueso y fino.
4. Mediante los ensayos de proctor modificado y CBR de laboratorio se determinaron las propiedades mecánicas de la base granular (BG) y las muestras alteradas, las cuales fueron aumentando, conforme se incorporaba la escoria de acero, de la siguiente manera: para la BG sin tratamiento, la MDS fue 2.028 g/cm^3 y el CBR de 108.53%; para la BG + 5% de escoria, la MDS fue 2.031 g/cm^3 y el CBR de 109.40%; para la BG + 10% de escoria, la MDS fue 2.072 g/cm^3 y el CBR de 111.90%; para la BG + 15% de escoria, la MDS fue 2.105 g/cm^3 y el CBR de 114.86%; para la BG + 20 de escoria, la MDS fue 2.170 g/cm^3 y el CBR de 116.02% y finalmente para la BG + 25% de escoria, la MDS fue 2.196 g/cm^3 y el CBR de 123.68%.
5. Se pudo observar que al incorporar 5% de escoria no existe diferencia significativa en el incremento de las propiedades mecánicas con relación a la base granular sin tratamiento; sin embargo, al incorporar 10% de escoria, ya existe diferencia significativa y una tendencia en el incremento de las propiedades mecánicas conforme se aumenta el porcentaje de escoria.

6. Se realizó un análisis estadístico, el cual cumplió con la prueba de Normalidad ($p > 0.05$), por lo que se aplicó la prueba Anova, que confirma que los grupos son distintos, es decir son hipótesis alternas y que el resultado, de las propiedades mecánicas, con la incorporación de escoria en la base granular varía de acuerdo al porcentaje incorporado, se dice que “los grupos son distintos”, lo que está en concordancia con nuestros resultados.

VI. RECOMENDACIONES

1. Para casos prácticos de aplicación, se debe realizar un análisis económico comparando si resulta más económico transportar escoria de acero para mejorar las propiedades de los materiales granulares u optar por otro método de estabilización. Esto dependerá principalmente de la ubicación de la obra con respecto a las plantas siderúrgicas que generan este tipo de residuo y de la disponibilidad de otros materiales
2. Se invita a otros investigadores a realizar esta investigación con porcentajes mayores de escoria incorporada ya que la tendencia creciente de las propiedades mecánicas no permitió determinar un óptimo porcentaje de escoria; por ello se recomienda seguir con esta investigación para lograr dicho objetivo. Además, si la tendencia sigue creciendo, se debería evaluar la posibilidad de emplear totalmente este residuo como material para capas de nuestras vías pavimentadas o no pavimentadas, contribuyendo con el medio ambiente al darle una utilidad práctica a este residuo industrial.
3. Se recomienda e invoca a la comunidad científica e instituciones interesadas, evaluar la utilidad de esta escoria en diferentes aplicaciones de la ingeniería civil, particularmente su uso como agregado grueso, ya que, debido a su procedencia, se observó que posee una alta resistencia mecánica.
4. Se deben realizar estudios que puedan medir el comportamiento que genera la incorporación de escoria de acero en diferentes tipos de suelos, logrando tener un indicador que nos permita identificar en qué tipo de suelo se obtienen los mejores resultados al emplear este residuo siderúrgico.

REFERENCIAS

REPORTE de Sostenibilidad 2017 [en línea]. [Lima]: Corporación Aceros Arequipa S.A. (2018). [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.acerosarequipa.com/etica-y-gestion-social/reportes-de-sostenibilidad.html>

ZELADA, Rolando. Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SIDERPERU como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción. Tesis (Maestro en Ciencias Biológicas). Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo, Unidad de Posgrado en Ciencias Biológicas, 2016. Disponible en: <http://www.dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/7813>

STEEL Statistical Yearbook 2018 [en línea]. Bruselas: World Steel Association (Noviembre, 2018). [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.worldsteel.org/steel-by-topic/statistics/steel-statistical-yearbook.html>

REPORTE Comercial de Productos Acero [en línea]. [Lima]: Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (MINCETUR), (Junio, 2018). [Fecha de consulta: 12 de octubre del 2019]. Disponible en: https://www.mincetur.gob.pe/wp-content/uploads/documentos/comercio_exterior/estadisticas_y_publicaciones/estadisticas/exportaciones/Reporte_Comercial_Acero.pdf

GALLEGOS, Marlon y PAREDES, Evelyn. Modificación de las propiedades mecánicas de una base granular mediante la incorporación de escoria de acero a través del ensayo CBR. Caso de estudio Mina San Antonio. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2019. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/15818>

RONDÓN, Hugo, MUNIZ, Marcio y REYES, Fredy. Uso de escorias de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión. Revista Ingenierías Universidad de Medellín [en línea]. Julio–diciembre 2018, vol. 17, no. 33. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242018000200071&script=sci_abstract&tlng=pt
ISSN: 1692-3324

RONDÓN, Hugo [et al]. Characterization of blast furnace slag for road projects. Revista Ingeniería de Construcción [en línea]. Abril 2018, vol. 33, no. 1. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/691>
ISSN: 0718-5073

SÁNCHEZ, Héctor. Estado del Arte sobre las Escorias Negras de Horno de Arco Eléctrico y su Aplicaciones en Pavimentos. Revista L'esprit Ingénieux [en línea]. Enero-diciembre 2016, vol. 7, no. 1. [Fecha de consulta: 13 de octubre del 2019].

Disponible en: <http://revistas.ustatunja.edu.co/index.php/lingenieur/article/view/1367>
ISSN: 2422-2445

PACHECO, Yerly. Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas. Tesis (Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2019.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/36093>

FIGUEROA, Ilich y MAMANI, Carlos. Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Ingeniería, 2019.

Disponible en: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/625099>

CÁRDENAS, Diego. Mejoramiento de la Base Granular adicionando estabilizador Químico CON-AID CBR Plus en Carretera Juliaca – Limite Bolivia. Km 210+750 – 263+000. Departamento de Puno. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/36359?locale-attribute=es>

VÁSQUEZ, Félix y MANRIQUE, Nilger. Sub base y base tratada con incorporación de cemento portland tipo I, en carretera Cáclic Luya Lamud, Chachapoyas – Amazonas 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/34081>

CCOILLO, Illary. Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria La Molina - 2016. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2017.

Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/13342>

CONTRERAS, K'arlita y HERRERA, Víctor. Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa - Ancash. Tesis (Ingeniero Civil). Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, Facultad de Ingeniería, 2015. Disponible en: <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2708>

NERI, Leslie. Calidad del material de base y subbase para vías pavimentadas, en tres canteras de la provincia de Trujillo, 2018. Tesis (Ingeniero Civil). Trujillo: Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, 2018. Disponible en: <http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/32024>

CORPORACIÓN Aceros Arequipa S.A. El Acero, lo que hay que saber [en línea]. 2.^a ed. Lima: Grupo Publicidad S.R.L., setiembre del 2007 [Fecha de consulta: 15 de junio del 2019].

Disponible en: <http://www.acerosarequipa.com/informacion-corporativa/aprende-en-linea/interna/article/libro-sobre-el-acero-y-gnv.html>

BOZA, Maile. Utilización de las escorias de acería como material de construcción. *Revista Ciencia & Futuro* [en línea]. 2011, vol. 1, no. 4. [Fecha de consulta: 19 de octubre del 2019].

Disponible en: http://revista.ismm.edu.cu/index.php/revista_estudiantil/article/view/536/294

ISSN: 2306-823X

ORTEGA, Vanesa. Aprovechamiento de escorias blancas (LFS) y negras (EAFS) de acería eléctrica en la estabilización de suelos y en capas de firmes de caminos rurales. Tesis (Doctor en Ingeniería Civil). Burgos: Universidad de Burgos, Escuela Politécnica Superior, 2011.

Disponible en: <https://riubu.ubu.es/handle/10259/176>

REYES, Óscar y CAMACHO, Javier. Efecto del desperdicio de una siderúrgica en bases y subbases granulares. *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea]. Julio 2003, no. 13. [Fecha de consulta: 19 de octubre del 2019].

Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1322>

ISSN: 0124-8170

OCHOA, Ricardo [et al]. Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas asfálticas para pavimentos. *Revista Espacios* [en línea]. 2018, vol. 39, no. 37. [Fecha de consulta: 19 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a18v39n37/18393702.html>

ISSN: 0798-1015

GAEDICKE, Cristian [et al]. Effect of recycled materials and compaction methods on the mechanical properties and solar reflectance index of pervious concrete. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. Diciembre 2015, vol. 30, no. 3. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2019].

Disponible en: <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/605>

ISSN: 0718-5073

LÓPEZ, Alfonso, OCHOA, Ricardo y GRIMALDO, Gloria. Use of BOF slag and blast furnace dust in asphalt concrete: an alternative for the construction of pavements. *Revista DYNA* [en línea]. Julio-septiembre 2018, vol. 85, no. 206 [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0012-73532018000300024

ISSN: 0012-7353

CUÁSQUER, Carmen y ALTAMIRANO, Santiago. Evaluación del uso de escorias de acero en la producción de hormigón. Tesis (Ingeniero Civil). Sangolquí: Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Departamento de Ciencias de la Tierra y la Construcción, 2015.

Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/11352>

JAMES, Jijo [et al]. Pozzolanic benefit of fly ash and steel slag blends in the development of uniaxial compressive strength of lime stabilized soil. *Revista Facultad de Ingeniería* [en línea]. Septiembre-

diciembre 2018, vol. 27, no. 49. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0121-11292018000300007&script=sci_abstract&tlng=pt
ISSN: 0121-1129

RAPOSEIRAS, A. [et al]. Evaluation of Marshall stiffness, indirect tensile stress and resilient modulus in asphalt mixes with reclaimed asphalt pavement and cooper slag. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. Abril 2017, vol. 32, no. 1. [Fecha de consulta: 26 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/731>
ISSN: 0718-5073

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección: Suelos y Pavimentos. R.D. N° 10-2014-MTC/14. Lima, Perú, 09 de abril del 2014.

THENOUX, Guillermo y GAETE, Rodrigo. Evaluación Técnica del pavimento y comparación de métodos de diseño de capas de refuerzo asfáltico. *Revista Ingeniería de Construcción* [en línea]. 1995, no. 14. [Fecha de consulta: 26 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/364>
ISSN: 0718-5073

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013. R.D. N° 22-2013-MTC/14. Lima, Perú, julio del 2013.

SANTAELLA, Luz y SALAMANCA, Rodrigo. Estado del arte del relleno fluido para subbases y bases granulares (Primera parte). *Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina* [en línea]. Julio 2002, vol. 12, no. 1. [Fecha de consulta: 26 de octubre del 2019]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1340>
ISSN: 0124-8170

GUIO, Edgar y SÁNCHEZ, Héctor. Mezclas asfálticas recicladas y su uso en capas granulares para pavimentos. *Revista Colombiana de Materiales* [en línea]. Mayo 2014, no. 5. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2019]. Disponible en: <http://aprendeonline.udea.edu.co/revistas/index.php/materiales/article/view/19627>
ISSN: 2256-1013

RODRÍGUEZ, Edgar [et al]. Influencia de la inclusión de desecho de PVC sobre el CBR de un material granular tipo subbase. *Revista Ingenierías Universidad de Medellín* [en línea]. Julio-diciembre 2006, vol. 5, no. 9. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2019]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S1692-33242006000200003&script=sci_arttext&tlng=pt
ISSN: 1692-3324

ESTUDIO de mantenimiento periódico de la carretera: Panamericana Norte, Tramo I (Km 586+600 al Km 736+600) – Estudio de canteras, fuentes de agua y botaderos. GMI S.A. Ingenieros Consultores. Perú: GMI S.A. Ingenieros Consultores, 2010.

MARTINEZ, Gilberto [et al]. Trece años de continuo desarrollo con mezclas asfálticas modificadas con Grano de Caucho Reciclado en Bogotá: Logrando sostenibilidad en pavimentos. Revista Ingeniería de Construcción [en línea]. Abril 2018, vol. 33, no. 1. [Fecha de consulta: 27 de octubre del 2019]. Disponible en: https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?pid=S0718-50732018000100041&script=sci_arttext
ISSN: 0718-5073

REYES, Oscar, PORRAS, Myriam y RODRÍGUEZ, Yesi. Empleo de Aceite Quemado para Mejorar las Propiedades Mecánicas de Bases y Subbases Granulares. Revista Ciencia e Ingeniería Neogranadina [en línea]. Diciembre 2001, vol. 11. [Fecha de consulta: 02 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1355>
ISSN: 0124-8170

GARCÍA, Fidel, DELGADO, Horacio y CAMPOS, Domingo. Influencia de variables de diseño en las propiedades mecánicas de una base estabilizada con asfalto espumado. Revista Infraestructura Vial [en línea]. Julio 2018, vol. 20, no. 35. [Fecha de consulta: 02 de noviembre del 2019]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/34829>
ISSN: 2215-3705

PORTILLA, Favio y PILLAJO, Alejandra. Determinación del CBR de laboratorio en suelos granulares y su correlación con el DCP para la aplicación en el diseño de pavimentos de caminos vecinales. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2001. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2386>

MORLA, Juan y VARGAS, Santiago. Determinación del valor del ensayo CBR mediante métodos alternativos. Tesis (Ingeniero Civil). Quito: Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Facultad de Ingeniería, 2009. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/2245>

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Manual de Ensayo de Materiales para Carreteras. R.D. N° 18-2016-MTC/14. Lima, Perú, junio del 2016.

HERNÁNDEZ, Roberto, FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la investigación. 5.ª ed. México D.F.: McGraw-Hill, 2010. 613 pp.
ISBN: 9786071502919

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. Lima: Editorial San Marcos, 2005. 474 pp.
ISBN: 9972342425

DISEÑO y desarrollo del proyecto de investigación – Guía de Aprendizaje. Trujillo: Dr. Walter Iván Abanto Vélez (2014).

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils, ASTM D 422. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/D422.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Resistance to Degradation of Small-Size Coarse Aggregate by Abrasion and Impact in the Los Angeles Machine, ASTM C 131. ASTM International. Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C131.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Soundness of Aggregates by Use of Sodium Sulfate or Magnesium Sulfate, ASTM C 88. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/C88.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Sand Equivalent Value of Soils and Fine Aggregate, ASTM D 2419. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D2419.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Determining the Percentage of Fractured Particles in Coarse Aggregate, ASTM D 5821. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D5821.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for Flat Particles, Elongated Particles, or Flat and Elongated Particles in Coarse Aggregate, ASTM D 4791. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D4791.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Methods of Test for Particulate and Dissolved Matter in Water, ASTM D 1888. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/DATABASE.CART/WITHDRAWN/D1888.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort, ASTM D 1557. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D1557.htm>

AMERICAN Society for Testing and Materials. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils, ASTM D 1883. ASTM International.

Disponible en: <https://www.astm.org/Standards/D1883.htm>

ANEXOS

**ANEXO 1:
PANEL
FOTOGRAFICO
DE LA
CANTERA
YAURI - CHICAMA**



Gráfico 23. Muro de ingreso a la cantera Yauri.



Gráfico 24. Vías de acceso a la selección de agregados.



Gráfico 25. Maquinarias para la extracción de agregados.



Gráfico 26. Máquina clasificadora de agregados.



Gráfico 27. Máquina para zarandeo de agregados.



Gráfico 28. Máquina chancadora de piedra de 1/2" y 3/4".



Gráfico 29. Material separado para uso en obra.



Gráfico 30. Cubierta para apilar material especial.

ANEXO 2:

PANEL

FOTOGRAFÍCO

DE LOS ENSAYOS

EN EL

LABORATORIO

DE MECÁNICA DE

SUELOS



Gráfico 31. Ensayo de equivalente de arena.



Gráfico 32. Presencia de sales solubles en agregados.

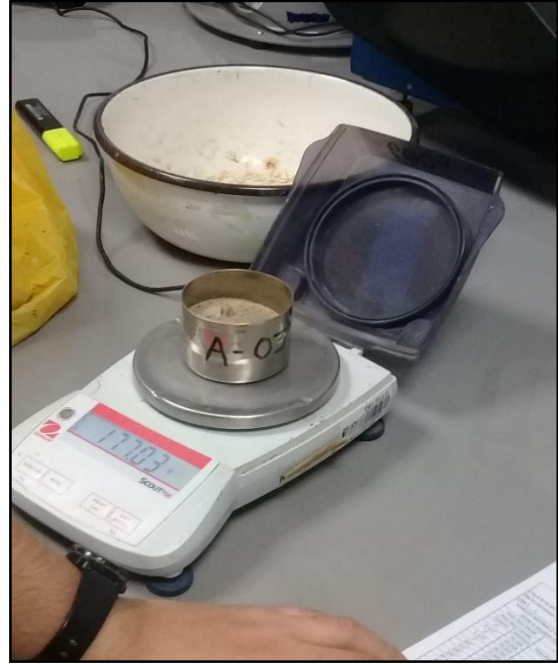
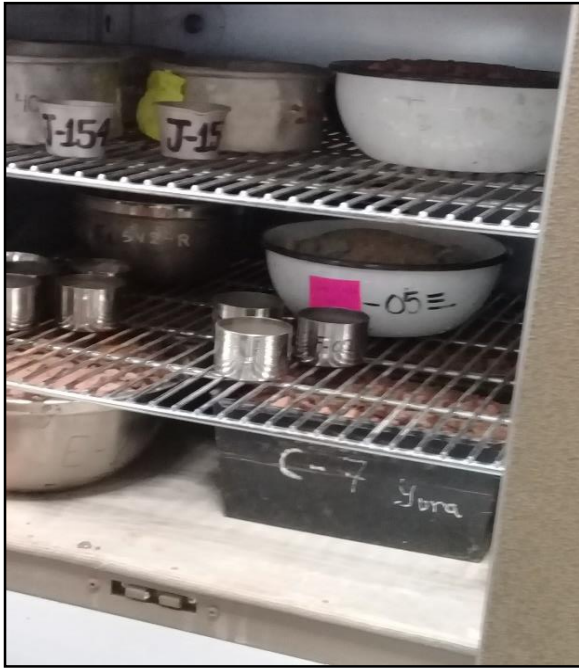


Gráfico 33. Contenido de humedad de la base granular.

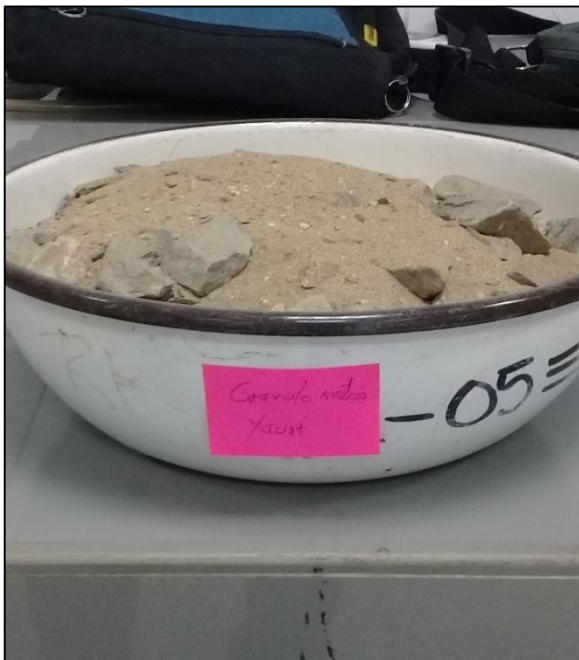


Gráfico 34. Granulometría de la base granular.



Gráfico 35. Granulometría de la escoria de acero.



Gráfico 36. Tamizando el agregado de base granular por la malla 3/4.



Gráfico 37. Porcentaje de escoria de acero para el próctor.



Gráfico 38. Incorporación de escoria de acero para los moldes del próctor.



Gráfico 39. Añadiendo porcentaje de agua a la mezcla para el proctor.



Gráfico 40. Mezcla y cuarteo del material incorporado con escoria para el proctor.



Gráfico 41. Compactación proctor modificado.



Gráfico 42. Extracción de corazón compactado del proctor.



Gráfico 43. Preparación del porcentaje de humedad para el ensayo de CBR.



Gráfico 44. Cuarteo del material incorporado con escoria de acero para el ensayo del CBR.



Gráfico 45. Compactación para los tres moldes del CBR.



Gráfico 46. Preparación de los discos de carga y dial para sumergirlo en Agua.



Gráfico 47. Ensayo CBR, medición de expansión.

**ANEXO 3:
INFORME DE LOS
ENSAYOS DEL
ESTUDIO DE
MECÁNICA DE
SUELOS**

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D - 2216

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

CONTENIDO DE HUMEDAD

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	51.80	49.96	50.37
Peso del tarro + suelo humedo (g)	153.61	159.21	177.02
Peso del tarro + suelo seco (g)	152.75	158.41	176.19
Peso del suelo seco (g)	100.95	108.45	125.82
Peso del agua (g)	0.86	0.80	0.83
% de humedad (%)	0.85	0.74	0.86
% de humedad promedio (%)	0.75		



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

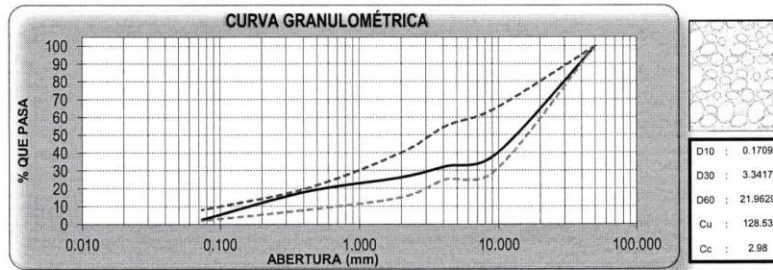
Peso de muestra seca : 2000.00

Peso de muestra seca luego de lavado : 1948.38

Peso perdido por lavado : 51.62

GRADACIÓN A

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	0.75%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
Límites e Índices de Consistencia						
1 1/2"	38.100	78.67	3.93	3.93	96.07	L Líquido : NP
1"	25.400	521.60	26.08	30.01	69.99	L Plástico : NP
3/4"	19.050	369.00	18.45	48.46	51.54	Ind. Plasticidad : NP
1/2"	12.700	171.84	8.59	57.06	42.94	
3/8"	9.525	79.02	3.95	61.01	38.99	
1/4"	6.350	100.72	5.04	66.04	33.96	
No4	4.178	32.85	1.64	67.69	32.32	Clasificación de la Muestra
No8	2.360	100.65	5.03	72.72	27.28	Clas. SUCS : GW
No10	2.000	22.76	1.14	73.86	26.14	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No16	1.180	47.60	2.38	76.24	23.76	Descripción de la Muestra
No20	0.850	38.03	1.90	78.14	21.86	SUCS: Grava bien graduada con arena
No30	0.600	60.45	3.02	81.16	18.84	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No40	0.420	12.81	0.64	81.80	18.20	Tiene un % de finos de = 2.58%
No50	0.300	24.21	1.21	83.01	16.99	Descripción de la Calicata
No60	0.250	31.30	1.57	84.58	15.42	C-X : E-X
No80	0.180	86.84	4.34	88.92	11.08	Profundidad : 0.00 m - 0.00 m
No100	0.150	71.22	3.56	92.48	7.52	
No200	0.074	98.81	4.94	97.42	2.58	
< No200		51.62	2.58	100.00	0.00	
Total		2000.00	100.00			



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**LÍMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D - 4318**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERYK

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

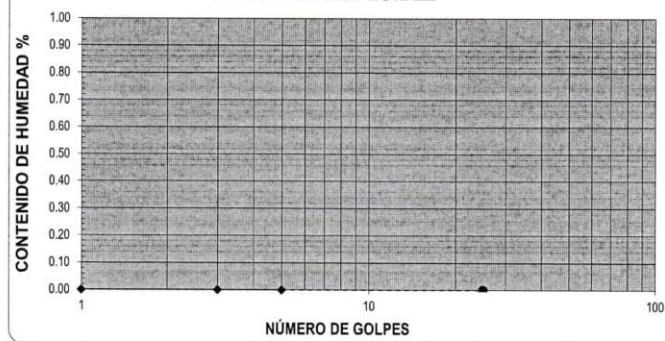
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA

Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico		
	NP	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes						
Peso de tara (g)						
Peso de tara + suelo húmedo (g)						
Peso tara + suelo seco (g)						
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Limites %	NP			NP		

DIAGRAMA DE FLUIDEZ



ECUACIÓN DE LA RECTA

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770,
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



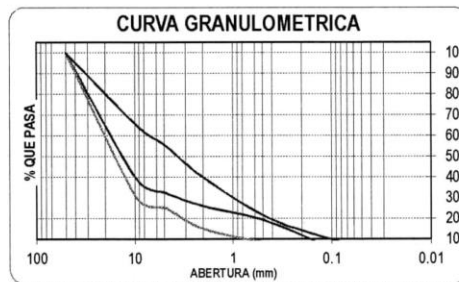
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ABRASION LOS ANGELES AL DESGASTE
MTC E 207

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.
SOLICITANTE : : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY
RESPONSABLE : : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA : : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Peso Original (gr) :	2000.00				
Perd. por lavado (gr) :	51.62				
Peso Tamizado (gr) :	1948.38				
ABERT. MALLA		Peso retenido	% Retenido	% Ret Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	mm				
2	50.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	9.50	1220.13	61.01	61.01	38.99
No 4	4.75	133.57	6.68	67.69	32.32
No 10	2.00	123.41	6.17	73.86	26.14
40	0.42	158.89	7.94	81.80	18.20
200	0.08	312.38	15.62	97.42	2.58
Plato		51.62	2.58	100.00	0.00
Sumatoria		2000.00	100.00		



GRADACION	A
N° DE ESDERAS	12
MASA DE LA CARGA	5000 ± 25

MASA DE TAMAÑO INDICADO ENTRE	
1 1/2" Y 1"	1250 ± 25
1" Y 3/4"	1250 ± 25
3/4" Y 1/2"	1250 ± 10
1/2" Y 3/8"	1250 ± 10
3/8" - 1/4"	-
1/4" Y N° 4	-
N° 4 Y N° 8	-
TOTAL	5000 ± 10

ABERT. MALLA		Peso retenido	% Retenido	% Ret Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	mm				
12	0.17	4244.80	84.90	84.90	15.10
Plato		755.15	15.10	100.00	84.90
Sumatoria		4999.95	100.00		

PESO INICIAL	4999.95
PESO FINAL	755.15
% PERDIDA POR ABRASION	15.10%

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

**DURABILIDAD AL SULFATO DE MAGNESIO
MTC E 209**

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.

SOLICITANTE : : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

AGREGADO GRUESO

% PASA	% RETENIDO	Nº RECIPIENTE	PESOS DE ENSAYO (gr)		% DE PÉRDIDA DE ENSAYO	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PÉRDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUÉS			
2"	1 1/2"	D-1	3000.0	2998.0	0.07	23	0.02
1 1/2"	1"	D-2	2500.0	2498.8	0.05	11	0.01
1"	3/4"	D-3	2500.0	2430.5	2.78	14	0.39
3/4"	1/2"	D-4	1000.0	950.8	4.92	16	0.79
1/2"	3/8"	D-5	500.0	460.2	7.96	11	0.88
3/8"	Nº4	D-6	300.0	262.2	12.60	25	3.15
TOTAL :						100.00	5.24

AGREGADO FINO

% PASA	% RETENIDO	Nº RECIPIENTE	PESOS DE ENSAYO (gr)		% DE PÉRDIDA DE ENSAYO	ESCALONADO ORIGINAL	% DE PÉRDIDA CORREGIDA
			ANTES	DESPUÉS			
3/8"	Nº4	1A	100.0	86.4	13.60	17	2.31
Nº4	Nº8	2A	100.0	80.1	19.90	19	3.78
Nº8	Nº16	5A	100.0	80.5	19.50	19	3.71
Nº16	Nº30	3A	100.0	82.6	17.40	19	3.31
Nº30	Nº60	4A	100.0	91.8	8.20	9	0.74
Nº60	Nº100					7	0.00
Nº100	-.-					10	0.00
TOTAL :						100.00	13.85



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

EQUIVALENTE DE ARENA
MTC E 114

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

EQUIVALENTE DE ARENA DE AGREGADO FINO

PRUEBA N°	1	2	3	PROMEDIO
Lectura de arena (pulg)	3.3	2.75	2.9	3
Lectura de arcilla (pulg)	9.15	7.8	8.2	8.4
Equivalente de Arena	36	35	35	35

$$EA = \frac{33 + 33 + 33}{3}$$

EQUIVALENTE DE ARENA = 35



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

DETERMINACION DEL PORCENTAJE DE PARTICULAS FRACTURADAS EN EL AGREGADO GRUESO
MTC 210

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERYK
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PARTICULA CON UNA CARA FRACTURADA						
ABERT.MALLA		Peso Retenido	PESO DE CARAS FRACTURADAS	% DE CARAS FRACTURADAS	% Ret.Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	mm					
3 1/2"	3"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
3"	2 1/2"	0	0.00	0.00	0.00	83.58
2 1/2"	2"	0	0.00	0.00	0.00	83.58
2"	1 1/2"	0	0.00	0.00	0.00	83.58
1 1/2"	1"	3000.00	2894.00	64.31	64.31	19.27
1"	3/4"	1500.00	867.00	19.27	83.58	0.00
3/4"	1/2"	0	0.00	0.00	83.58	0.00
1/2"	3/8"	0	0.00	0.00	83.58	0.00
SUMATORIA		4500	3761.00	83.58		83.58

PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS						
ABERT.MALLA		Peso Retenido	PESO DE CARAS FRACTURADAS	% DE CARAS FRACTURADAS	% Ret.Acumulado	% Pasa
Pulg/malla	mm					
3 1/2"	3"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
3"	2 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
2 1/2"	2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
2"	1 1/2"	0.00	0.00	0.00	0.00	83.58
1 1/2"	1"	3000.00	1236.00	27.47	27.47	56.11
1"	3/4"	1500.00	610.00	13.56	41.02	42.56
3/4"	1/2"	0	0.00	0.00	41.02	42.56
1/2"	3/8"	0	0.00	0.00	41.02	42.56
SUMATORIA		4500	1846.00	41.02		83.58

PARTICULA CON UNA CARA FRACTURADA 83.58

PARTICULAS CON DOS CARAS FRACTURADAS 41.02

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA LA DETERMINACION DE PARTICULAS PLANAS ,PARTICULAS ALARGADAS O PARTICULAS PLANAS Y ALARGADAS EN EL AGREGADO GRUESO
ASTM 4791

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY
RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA
UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD
FECHA : OCTUBRE DEL 2019
MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS							
PRUEBA N°	1		2		3		PROMEDIO
Partículas chatas y alargadas	11	11%	14	14%	16	16%	14
Partículas ni chatas y ni alargadas	89	89%	86	86%	84	84%	86
Numero de partículas	100	100%	100	100%	100	100%	100

$$EA = \frac{11\% + 14\% + 16\%}{3}$$

$$\% \text{ PARTICULAS CHATAS Y ALARGADAS} = 14\%$$

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cardenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

**SALES SOLUBLES PARA AGREGADO DE BASE GRANULAR
MTC E 219**

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

SALES SOLUBLES			
AGREGADO PETREO		CANTIDAD MINIMA (gr)	AFORO MINIMO (ml)
2"	3/4"	1000	500
3/4"	N°04	500	500
N°04	plato	100	500

SALES SOLUBLES AGREGADO GRUESO				
AGREGADO PETREO			2"	3/4"
peso de la muestra	A	(gr)	1000	
volumen de l matraz aforado	B	(ml)	500	
volumen de alicuota en matraz aforado	C	(ml)	100	
peso de residuo de sales	D	(gr)	0.8450	
sales solubles		%	0.42	

sales solubles = 0.42

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cardenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

**SALES SOLUBLES PARA AGREGADO DE BASE GRANULAR
MTC E 209**

PROYECTO : : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR – CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019.

SOLICITANTE : : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : : ING. BRYAN EMANUEL CARDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : : OCTUBRE DEL 2019

MUESTRA : : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

SALES SOLUBLES			
AGREGADO PETREO		CANTIDAD MINIMA (gr)	AFORO MINIMO (ml)
2"	3/4"	1000	500
3/4"	N°04	500	500
N°04	plato	100	500

SALES SOLUBLES AGREGADO FINO				
AGREGADO PETREO		N°04		plato
peso de la muestra	A	(gr)	200	
volumen de l matraz aforado	B	(ml)	500	
volumen de alicuota en matraz aforado	C	(ml)	100	
peso de residuo de sales	D	(gr)	0.1890	
sales solubles		%	0.47	

SALES SOLUBLES = 0.47

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cardenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

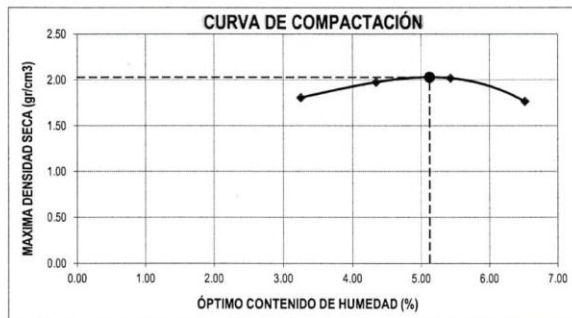
UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9720	10125	10265	9750		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3920	4325	4465	3950		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.87	2.06	2.13	1.88		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	164.75	180.80	157.92	198.98		
Peso del suelo seco + tara (g)	160.06	173.98	150.69	187.84		
Peso del agua (g)	4.68	6.83	7.24	11.14		
Peso de la tara (g)	16.36	16.90	17.49	16.93		
Peso del suelo seco (g)	143.70	157.07	133.20	170.91		
% de humedad	3.26	4.35	5.43	6.52		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.81	1.98	2.02	1.77		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.028
Óptimo contenido de humedad (%)	5.12

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
ASTM D - 1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA , 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTO AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11625		11865		12072	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4070		4310		4517	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.921		2.034		2.132	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	86.94		98.45		92.56	
Peso del agua (g)	3.88		4.72		4.20	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	76.61		87.91		82.01	
% de humedad (%)	5.06		5.37		5.12	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.828		1.930		2.028	

ENSAYO DE EXPANSION									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.584	0.584	0.460	0.643	0.643	0.506	0.720	0.720	0.567
48 hrs	0.637	0.637	0.501	0.685	0.685	0.539	0.762	0.762	0.600
72 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.605
96 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.605

ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	lbs/pulg ²		lbs	lbs/pulg ²		lbs	lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	1	371.70	123.93	70	615.36	205.17	117	1010.85	337.03
0.050	72	632.18	210.78	139	1196.22	398.84	218	1863.15	621.20
0.075	116	1002.43	334.23	202	1727.91	576.11	299	2549.07	849.90
0.100	173	1483.01	494.46	277	2362.56	787.71	387	3299.78	1100.20
0.125	229	1956.17	652.22	340	2897.07	965.93	475	4046.76	1349.26
0.150	286	2436.84	813.15	403	3432.86	1144.57	550	4688.05	1563.07
0.200	392	3339.22	1113.35	509	4337.26	1446.11	675	5760.90	1920.78
0.300	543	4628.12	1543.09	654	5580.31	1860.56	832	7115.57	2372.44
0.400	630	5374.09	1791.81	741	6329.41	2110.33	926	7930.47	2644.14
0.500	655	5588.91	1863.43	779	6657.37	2219.67	970	8312.89	2771.65

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

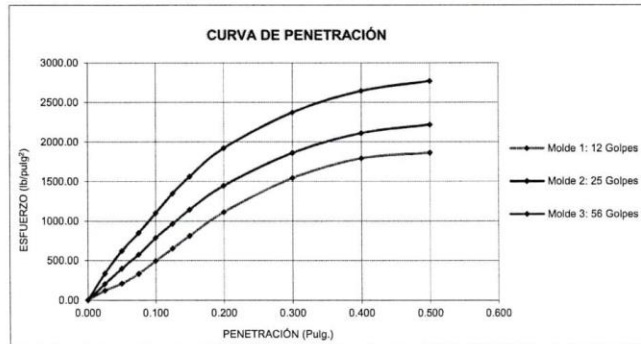
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



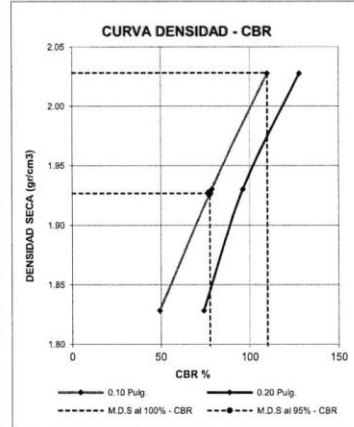
VALORES CORREGIDOS

MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	494.46	1000	49.45	1.828
2	0.100	787.71	1000	78.77	1.930
3	0.100	1100.20	1000	110.02	2.028

MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1113.35	1500	74.22	1.828
2	0.200	1446.11	1500	96.41	1.930
3	0.200	1920.78	1500	128.05	2.028

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.028
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.927
Óptimo contenido de humedad	(%)	5.12
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	110.02
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	77.62



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 213074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: METODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

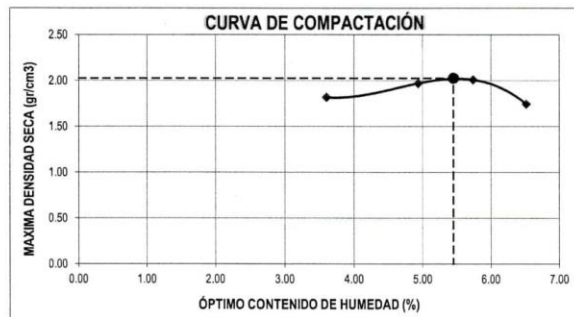
UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	8750	10135	10255	9701		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	3950	4335	4455	3901		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.88	2.07	2.12	1.86		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	160.00	190.15	157.92	198.98		
Peso del suelo seco + tara (g)	155.00	182.00	150.30	187.84		
Peso del agua (g)	5.00	8.15	7.62	11.14		
Peso de la tara (g)	16.36	16.90	17.49	16.93		
Peso del suelo seco (g)	138.64	165.10	132.81	170.91		
% de humedad (%)	3.61	4.94	5.74	6.52		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.82	1.97	2.01	1.75		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.025
Óptimo contenido de humedad (%)	5.45

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03			
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11620		11840		12080			
Peso del molde (g)	7555		7555		7555			
Peso del suelo húmedo (g)	4065		4285		4525			
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119			
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085			
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.918		2.022		2.135			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	85.90		98.25		92.31			
Peso del agua (g)	4.92		4.92		4.46			
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55			
Peso del suelo seco (g)	75.57		87.70		81.76			
% de humedad (%)	6.51		5.61		5.45			
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.801		1.915		2.025			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.236	0.236	0.186	0.265	0.265	0.209	0.300	0.300	0.236
48 hrs	0.271	0.271	0.213	0.288	0.288	0.227	0.317	0.317	0.250
72 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252
96 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	39	336.18	112.09	68	586.16	195.44	114	982.68	327.64
0.050	69	594.78	198.31	135	1163.70	388.00	215	1853.30	617.92
0.075	112	965.44	321.89	195	1680.90	560.44	280	2413.60	804.73
0.100	162	1396.44	465.60	265	2284.30	761.62	375	3232.50	1077.77
0.125	225	1939.50	646.66	335	2887.70	962.81	470	4051.40	1350.80
0.150	274	2381.88	787.49	402	3465.24	1155.37	530	4568.60	1523.24
0.200	385	3318.70	1106.51	502	4327.24	1442.77	670	5775.40	1925.61
0.300	520	4482.40	1494.60	645	5559.90	1853.76	828	7137.36	2379.71
0.400	610	5258.20	1753.17	730	6292.60	2098.05	915	7887.30	2628.75
0.500	642	5534.04	1845.14	770	6637.40	2213.02	965	8318.30	2773.45

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

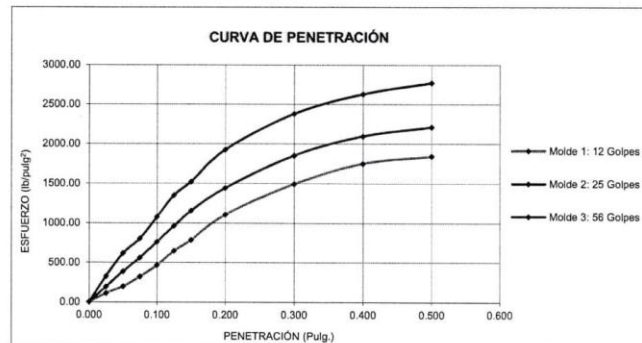
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE RESPONSABLE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

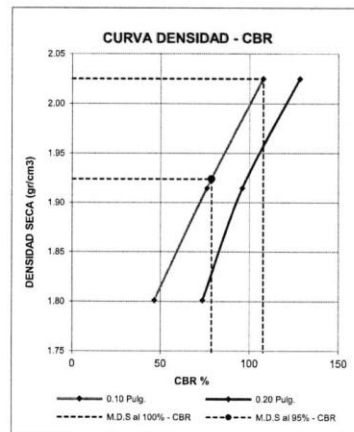


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	465.60	1000	46.56	1.801
2	0.100	761.62	1000	76.16	1.915
3	0.100	1077.77	1000	107.78	2.025

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1106.51	1500	73.77	1.801
2	0.200	1442.77	1500	96.18	1.915
3	0.200	1925.61	1500	128.37	2.025

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.025
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.924
Óptimo contenido de humedad	(%)	5.45
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	107.78
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	78.76



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: METODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

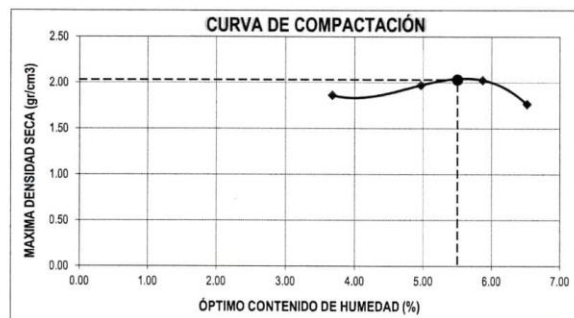
UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	5800
Volumen del molde (cm ³)	2098
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	9850	10140	10300	9750		
Peso del molde (g)	5800	5800	5800	5800		
Peso del suelo húmedo (g)	4050	4340	4500	3950		
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.93	2.07	2.14	1.88		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	160.10	190.20	158.10	198.98		
Peso del suelo seco + tara (g)	155.00	182.00	150.30	187.84		
Peso del agua (g)	5.10	8.20	7.80	11.14		
Peso de la tara (g)	16.36	16.90	17.49	16.93		
Peso del suelo seco (g)	138.64	165.10	132.81	170.91		
% de humedad (%)	3.68	4.97	5.87	6.52		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.86	1.97	2.03	1.77		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.030
Óptimo contenido de humedad (%)	5.50

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11700		11850		12093			
Peso del molde (g)	7555		7555		7555			
Peso del suelo húmedo (g)	4145		4295		4538			
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119			
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085			
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.956		2.027		2.142			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	85.90		98.25		92.27			
Peso del agua (g)	4.92		4.92		4.50			
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55			
Peso del suelo seco (g)	75.57		87.70		81.72			
% de humedad (%)	6.51		5.61		5.50			
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.837		1.919		2.030			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.584	0.584	0.460	0.643	0.643	0.506	0.720	0.720	0.567
48 hrs	0.637	0.637	0.501	0.685	0.685	0.539	0.762	0.762	0.600
72 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.605
96 hrs	0.661	0.661	0.521	0.691	0.691	0.544	0.769	0.769	0.605

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	39	336.18	112.09	68	886.16	195.44	114	982.68	327.64
0.050	69	594.78	198.31	135	1163.70	388.00	215	1853.30	617.92
0.075	112	965.44	321.89	195	1680.90	560.44	280	2413.60	804.73
0.100	162	1396.44	465.60	265	2284.30	761.62	375	3232.50	1077.77
0.125	225	1939.50	646.66	335	2887.70	962.81	470	4051.40	1350.80
0.150	274	2361.88	787.49	402	3465.24	1155.37	530	4568.60	1523.24
0.200	385	3318.70	1106.51	502	4327.24	1442.77	670	5775.40	1925.61
0.300	520	4482.40	1494.50	645	5559.90	1853.76	828	7137.36	2379.71
0.400	610	5258.20	1753.17	730	6292.60	2098.05	915	7887.30	2629.75
0.500	642	5534.04	1845.14	770	6637.40	2213.02	965	8318.30	2773.45

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

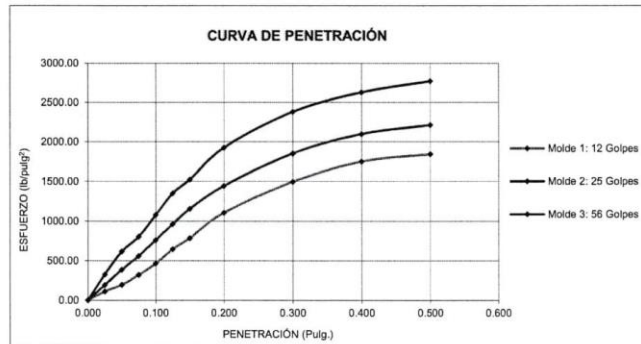
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE RESPONSABLE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY
ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



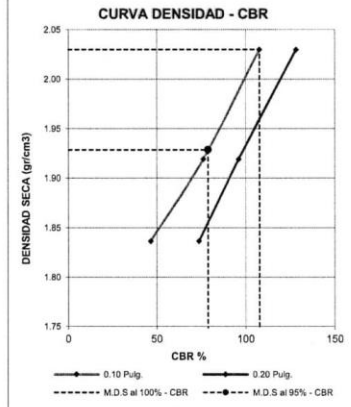
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	465.60	1000	46.56	1.837
2	0.100	761.62	1000	76.16	1.919
3	0.100	1077.77	1000	107.78	2.030

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1106.51	1500	73.77	1.837
2	0.200	1442.77	1500	96.18	1.919
3	0.200	1925.61	1500	128.37	2.030

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.030
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.929
Óptimo contenido de humedad	(%)	5.50
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	107.78
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	78.83



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
L. de. de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO
ASTM D - 422

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

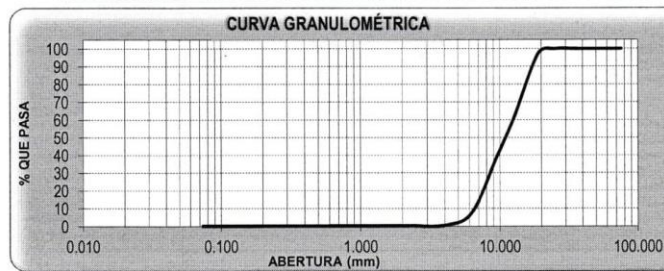
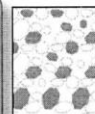
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

MUESTRA : C-X / E-X / ESCORIA DE ACERO / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

DATOS DEL ENSAYO

Peso de muestra seca : 2000.00
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1997.10
 Peso perdido por lavado : 2.90

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	54.20	2.71	2.71	97.29	L. Líquido : NP L. Plástico : NP
1/2"	12.700	720.80	36.04	38.75	61.25	Ind. Plasticidad : NP
3/8"	9.525	444.20	22.21	60.96	39.04	
1/4"	6.350	616.30	30.82	91.78	8.22	
No4	4.178	151.60	7.58	99.36	0.64	Clas. SUCS : GP
No8	2.360	6.40	0.32	99.68	0.33	Clas. AASHTO : A-1-a (0)
No10	2.000	0.60	0.03	99.71	0.30	
No16	1.180	0.20	0.01	99.72	0.28	
No20	0.850	0.50	0.03	99.74	0.26	
No30	0.600	0.40	0.02	99.76	0.24	SUCS: Grava mal graduada
No40	0.420	0.40	0.02	99.78	0.22	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No50	0.300	0.20	0.01	99.79	0.21	
No60	0.250	0.40	0.02	99.81	0.19	
No80	0.180	0.30	0.02	99.83	0.17	Tiene un % de finos de = 0.14%
No100	0.150	0.20	0.01	99.84	0.16	
No200	0.074	0.40	0.02	99.86	0.14	
< No200		2.90	0.14	100.00	0.00	Descripción de la Calicata
Total		2000.00	100.00			C-X : E-X Profundidad : 0.00 m - 0.00 m

D10	: 6.5329
D30	: 8.5936
D60	: 12.5213
Cu	: 1.92
Cc	: 0.90

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

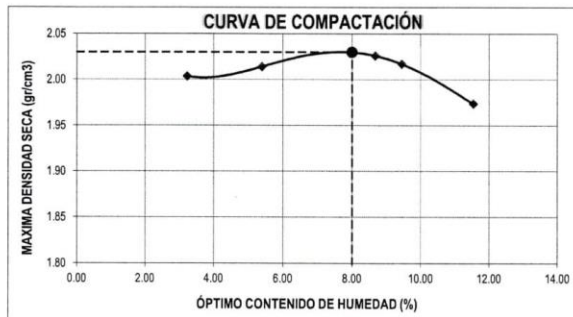
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10584	10698	10864	10863	10876	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4331	4445	4611	4610	4623	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.07	2.12	2.20	2.20	2.21	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	725.30	874.60	825.40	704.20	566.50	
Peso del suelo seco + tara (g)	704.40	833.90	785.10	640.40	619.70	
Peso del agua (g)	20.90	40.70	61.30	63.80	46.80	
Peso de la tara (g)	57.70	79.70	59.30	87.70	124.70	
Peso del suelo seco (g)	646.70	754.20	705.80	552.70	495.00	
% de humedad (%)	3.23	5.40	8.69	11.54	9.45	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.00	2.01	2.03	1.97	2.02	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.030
Óptimo contenido de humedad (%)	8.00

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11658		11840		12200	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4103		4285		4645	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.936		2.022		2.192	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	85.90		98.25		90.38	
Peso del agua (g)	4.92		4.92		6.39	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	75.57		87.70		79.83	
% de humedad (%)	6.51		5.61		8.00	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.818		1.915		2.030	

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.236	0.236	0.186	0.265	0.265	0.209	0.300	0.300	0.236
48 hrs	0.271	0.271	0.213	0.288	0.288	0.227	0.317	0.317	0.250
72 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252
96 hrs	0.291	0.291	0.229	0.291	0.291	0.229	0.320	0.320	0.252

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	40	344.80	114.96	75	646.50	215.55	118	1017.16	339.14
0.050	70	603.40	201.18	145	1249.90	416.74	220	1896.40	632.29
0.075	115	991.30	330.52	200	1724.00	574.81	285	2456.70	819.10
0.100	165	1422.30	474.22	270	2327.40	775.99	380	3275.60	1092.14
0.125	229	1973.98	658.16	340	2930.80	977.18	474	4085.88	1362.30
0.150	280	2413.60	804.73	410	3534.20	1178.36	535	4611.70	1537.61
0.200	390	3361.80	1120.88	530	4568.60	1523.24	679	5852.98	1951.48
0.300	525	4525.50	1508.87	650	5603.00	1868.13	830	7154.60	2385.46
0.400	613	5284.08	1761.79	740	6378.80	2126.79	920	7930.40	2644.12
0.500	645	5559.90	1853.76	775	6680.50	2227.39	970	8361.40	2787.82

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

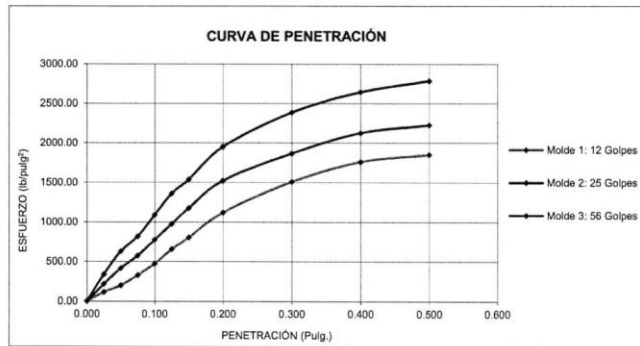
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

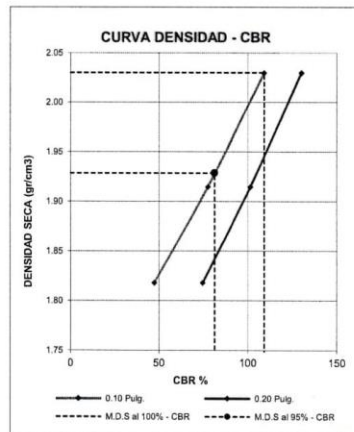


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	474.22	1000	47.42	1.818
2	0.100	775.99	1000	77.60	1.915
3	0.100	1092.14	1000	109.21	2.030

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1120.88	1500	74.73	1.818
2	0.200	1523.24	1500	101.55	1.915
3	0.200	1951.48	1500	130.10	2.030

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³) 2.030
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³) 1.929
Óptimo contenido de humedad	(%) 8.00
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 109.21
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 81.40



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: METODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YALURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

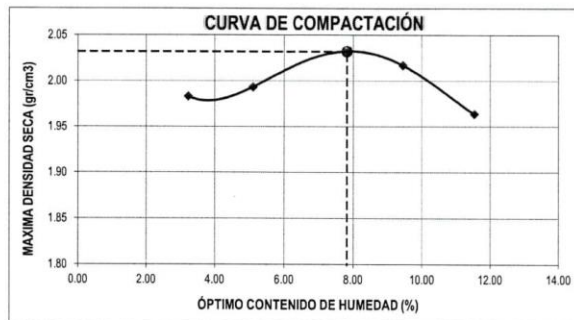
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10540	10640	10840	10840	10876	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4287	4387	4587	4587	4623	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.05	2.10	2.19	2.19	2.21	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	725.30	874.60	826.40	704.20	666.50	
Peso del suelo seco + tara (g)	704.40	836.00	771.00	640.40	619.70	
Peso del agua (g)	20.90	38.60	55.40	63.80	46.80	
Peso de la tara (g)	57.70	79.70	59.30	87.70	124.70	
Peso del suelo seco (g)	646.70	756.30	711.70	552.70	495.00	
% de humedad (%)	3.23	5.10	7.78	11.54	9.45	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.98	1.99	2.03	1.96	2.02	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.032
Óptimo contenido de humedad (%)	7.82

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emmanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
MOLDE	12		25		56	
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11658		11840		12196	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4103		4285		4643	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.936		2.022		2.191	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	85.90		98.25		90.51	
Peso del agua (g)	4.92		4.92		6.25	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	75.57		87.70		79.96	
% de humedad (%)	6.51		5.61		7.82	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.818		1.915		2.032	

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
		0 hrs	0.000		0.000	0.000		0.000	0.000
24 hrs	0.564	0.564	0.444	0.533	0.633	0.499	0.717	0.717	0.564
48 hrs	0.647	0.647	0.510	0.689	0.689	0.542	0.758	0.758	0.597
72 hrs	0.696	0.696	0.548	0.696	0.696	0.548	0.765	0.765	0.603
96 hrs	0.696	0.696	0.548	0.696	0.696	0.548	0.765	0.765	0.603

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3			
		ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	ESFUERZO lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0.00		
0.025	41	353.42	117.84	73	629.26	209.81	117	1008.54	336.26
0.050	69	594.78	198.31	142	1224.04	408.11	222	1913.64	638.04
0.075	115	991.30	330.52	198	1706.76	569.06	284	2448.08	816.23
0.100	164	1413.68	471.34	271	2336.02	778.87	377	3249.74	1083.52
0.125	230	1982.60	661.03	340	2930.80	977.18	474	4085.88	1362.30
0.150	279	2404.98	801.86	408	3516.96	1172.61	535	4611.70	1537.61
0.200	391	3370.42	1123.75	533	4594.46	1531.87	675	5818.50	1939.98
0.300	524	4516.88	1506.00	649	5594.38	1865.26	833	7180.46	2394.08
0.400	614	5292.68	1764.66	739	6370.18	2123.92	921	7939.02	2647.00
0.500	644	5551.28	1850.89	776	6689.12	2230.26	972	8378.64	2793.57

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

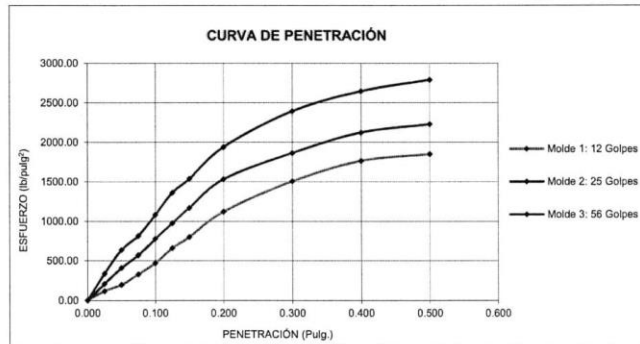
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

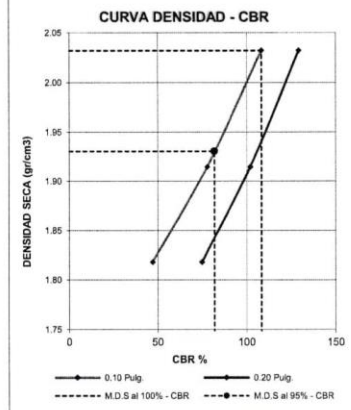

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	471.34	1000	47.13	1.818
2	0.100	778.87	1000	77.89	1.915
3	0.100	1083.52	1000	108.35	2.032

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1123.75	1500	74.92	1.818
2	0.200	1531.87	1500	102.12	1.915
3	0.200	1839.98	1500	129.33	2.032

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.032
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.930
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.82
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	108.35
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	81.96



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CNP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

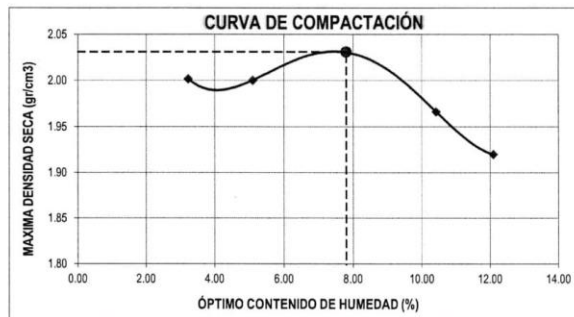
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10580	10655	10835	10800	10760	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4327	4402	4582	4547	4507	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.07	2.10	2.19	2.17	2.15	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	725.30	874.60	826.40	704.20	666.50	
Peso del suelo seco + tara (g)	704.40	836.00	771.20	646.00	608.00	
Peso del agua (g)	20.90	38.60	55.20	58.20	58.50	
Peso de la tara (g)	57.70	79.70	59.30	87.70	124.70	
Peso del suelo seco (g)	646.70	756.30	711.90	558.30	483.30	
% de humedad (%)	3.23	5.10	7.75	10.42	12.10	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.00	2.00	2.03	1.97	1.92	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.031
Óptimo contenido de humedad (%)	7.80

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11750		11920		12195	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4195		4365		4640	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.980		2.060		2.190	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	84.60		97.00		90.52	
Peso del agua (g)	6.22		6.17		6.24	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	74.27		86.45		79.97	
% de humedad (%)	8.38		7.14		7.80	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.827		1.923		2.031	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.586	0.586	0.461	0.658	0.658	0.518	0.745	0.745	0.586
48 hrs	0.672	0.672	0.529	0.716	0.716	0.564	0.788	0.788	0.620
72 hrs	0.723	0.723	0.569	0.723	0.723	0.569	0.795	0.795	0.626
96 hrs	0.723	0.723	0.569	0.723	0.723	0.569	0.795	0.795	0.626

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	45	387.90	129.33	78	672.36	224.18	117	1008.54	336.26
0.050	72	620.64	206.93	145	1249.90	416.74	222	1913.64	638.04
0.075	117	1008.54	336.26	202	1741.24	580.56	284	2448.08	816.23
0.100	170	1465.40	488.59	276	2379.12	793.24	385	3318.70	1106.51
0.125	235	2025.70	675.40	345	2973.90	991.55	474	4085.88	1362.30
0.150	282	2430.84	810.48	410	3534.20	1178.36	533	4594.46	1531.87
0.200	395	3404.90	1135.25	540	4654.80	1551.98	677	5835.74	1945.73
0.300	530	4568.60	1523.24	655	5646.10	1882.50	830	7154.60	2385.46
0.400	615	5301.30	1767.54	745	6421.90	2141.16	920	7930.40	2644.12
0.500	648	5585.76	1862.38	780	6723.60	2241.76	971	8370.02	2790.70

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

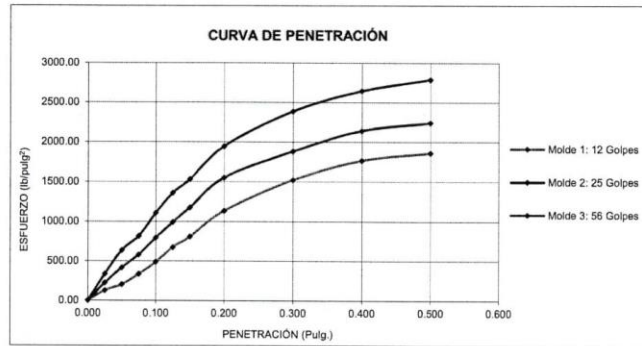
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

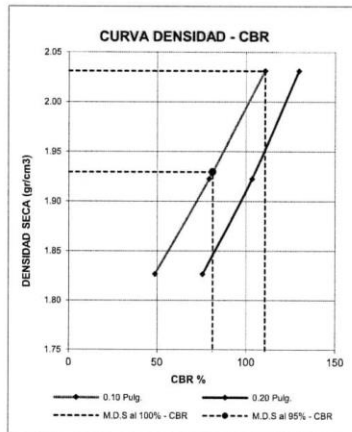


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	488.59	1000	48.86	1.827
2	0.100	793.24	1000	79.32	1.923
3	0.100	1106.51	1000	110.65	2.031

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1135.25	1500	75.68	1.827
2	0.200	1551.98	1500	103.47	1.923
3	0.200	1945.73	1500	129.72	2.031

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³) 2.031
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³) 1.929
Óptimo contenido de humedad	(%) 7.80
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 110.65
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 81.29



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

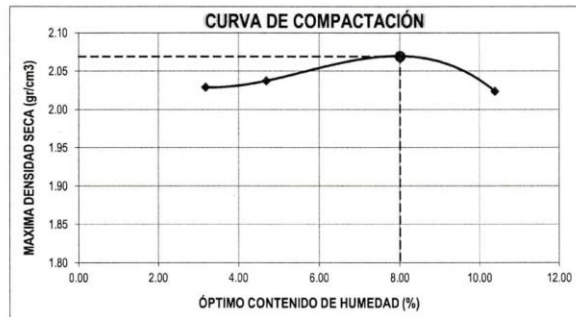
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10637	10719	10934	10931		
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253		
Peso del suelo húmedo (g)	4384	4466	4681	4678		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.09	2.13	2.24	2.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	837.10	735.60	700.40	587.40		
Peso del suelo seco + tara (g)	813.00	704.80	652.50	538.80		
Peso del agua (g)	24.10	30.80	47.90	48.60		
Peso de la tara (g)	58.10	47.60	54.50	71.20		
Peso del suelo seco (g)	754.90	657.20	598.00	467.60		
% de humedad (%)	3.19	4.69	8.01	10.39		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.03	2.04	2.07	2.02		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.069
Óptimo contenido de humedad (%)	8.01

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA , 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11750		12000		12290	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4195		4445		4735	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.980		2.098		2.235	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	84.50		96.30		90.37	
Peso del agua (g)	6.32		6.87		6.39	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	74.17		85.75		79.82	
% de humedad (%)	8.52		8.02		8.01	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.824		1.942		2.069	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.582	0.582	0.459	0.654	0.654	0.515	0.741	0.741	0.583
48 hrs	0.669	0.669	0.527	0.712	0.712	0.561	0.784	0.784	0.617
72 hrs	0.719	0.719	0.566	0.719	0.719	0.566	0.791	0.791	0.623
96 hrs	0.719	0.719	0.566	0.719	0.719	0.566	0.791	0.791	0.623

ENSAYO DE CARGA PENETRACION									
PENETRACION Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	48	413.76	137.95	80	689.60	229.92	120	1034.40	344.89
0.050	75	646.50	215.55	148	1275.76	425.36	225	1939.50	646.66
0.075	120	1034.40	344.89	205	1767.10	589.18	290	2499.80	833.47
0.100	175	1508.50	502.96	280	2413.60	804.73	388	3344.56	1115.13
0.125	240	2068.80	689.77	348	2999.76	1000.17	478	4120.36	1373.79
0.150	285	2456.70	819.10	415	3577.30	1192.73	536	4620.32	1540.49
0.200	400	3448.00	1149.62	543	4680.66	1560.61	680	5861.60	1954.35
0.300	535	4611.70	1537.61	660	5689.20	1896.87	835	7197.70	2399.83
0.400	620	5344.40	1781.91	750	6465.00	2155.53	924	7964.88	2655.62
0.500	652	5620.24	1873.88	782	6740.84	2247.50	974	8395.88	2799.32

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

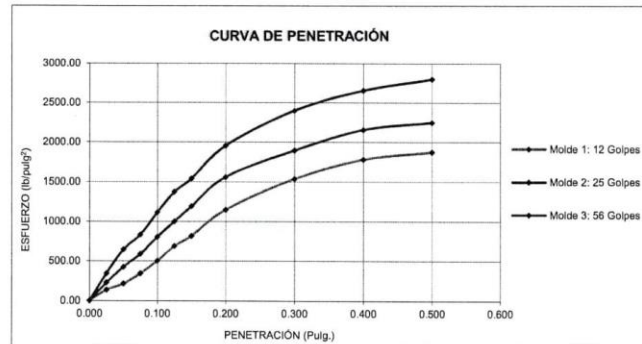
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE RESPONSABLE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

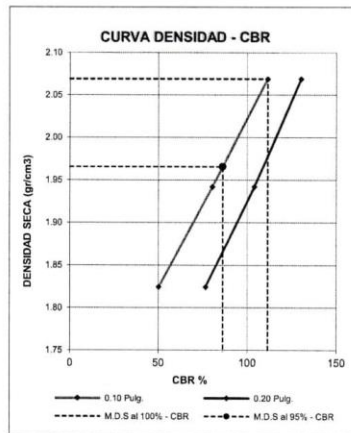


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	502.96	1000	50.30	1.824
2	0.100	804.73	1000	80.47	1.942
3	0.100	1115.13	1000	111.51	2.069

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1149.62	1500	76.64	1.824
2	0.200	1560.61	1500	104.04	1.942
3	0.200	1954.35	1500	130.29	2.069

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³) 2.069
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³) 1.966
Óptimo contenido de humedad	(%) 8.01
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 111.51
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 86.23



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

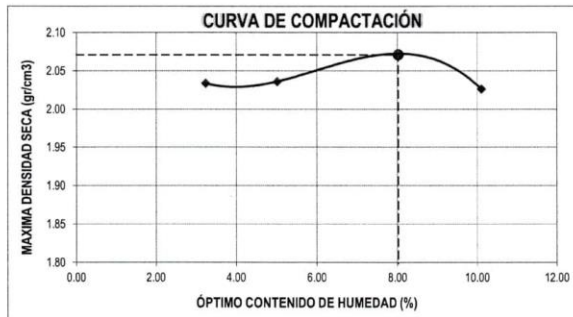
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10650	10730	10940	10925		
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253		
Peso del suelo húmedo (g)	4397	4477	4687	4672		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.10	2.14	2.24	2.23		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	840.06	738.46	700.40	587.40		
Peso del suelo seco + tara (g)	815.46	705.49	652.60	540.00		
Peso del agua (g)	24.60	32.97	47.80	47.40		
Peso de la tara (g)	58.10	47.60	54.50	71.20		
Peso del suelo seco (g)	757.36	657.89	598.10	468.80		
% de humedad (%)	3.25	5.01	7.99	10.11		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.03	2.04	2.07	2.03		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.071
Óptimo contenido de humedad (%)	8.02

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11780		11997		12295	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4225		4442		4740	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.994		2.096		2.237	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	90.82		103.17		96.76	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	84.51		96.20		90.36	
Peso del agua (g)	6.31		6.97		6.40	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	74.18		85.65		79.81	
% de humedad (%)	8.51		8.14		8.02	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.838		1.938		2.071	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.496	0.496	0.391	0.557	0.557	0.439	0.631	0.631	0.497
48 hrs	0.570	0.570	0.448	0.606	0.606	0.477	0.668	0.668	0.526
72 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530
96 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	48	413.76	137.95	80	889.60	229.92	120	1034.40	344.80
0.050	75	646.50	215.55	148	1275.76	425.36	225	1939.50	646.66
0.075	120	1034.40	344.89	205	1767.10	589.18	290	2499.80	833.47
0.100	175	1508.50	502.96	280	2413.60	804.73	389	3353.18	1118.00
0.125	240	2068.80	689.77	348	2999.76	1000.17	478	4120.36	1373.79
0.150	285	2456.70	819.10	415	3577.30	1192.73	538	4620.32	1540.49
0.200	400	3448.00	1149.62	543	4680.66	1560.61	680	5861.60	1954.35
0.300	535	4611.70	1537.61	660	5689.20	1896.87	835	7197.70	2399.83
0.400	620	5344.40	1781.91	750	6465.00	2155.53	924	7964.88	2655.62
0.500	652	5620.24	1873.88	782	6740.84	2247.50	974	8395.88	2789.32

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAUURI, CHICAMA, 2019

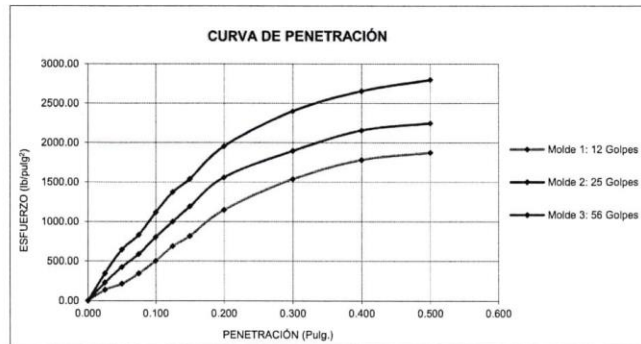
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAUURI CARRASCO, JORDY ERYK

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAUURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



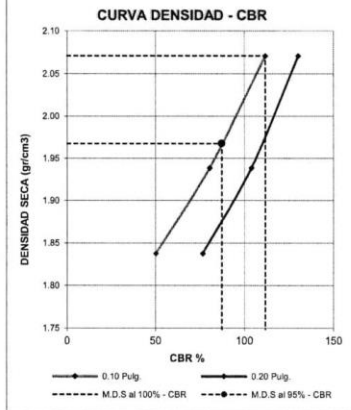
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	502.96	1000	50.30	1.838
2	0.100	804.73	1000	80.47	1.938
3	0.100	1118.00	1000	111.80	2.071

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1149.62	1500	76.64	1.838
2	0.200	1560.61	1500	104.04	1.938
3	0.200	1954.35	1500	130.29	2.071

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.071
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.967
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.02
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	111.80
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	87.34



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

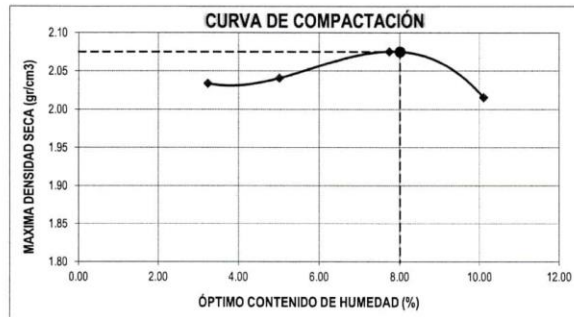
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10650	10740	10935	10900		
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253		
Peso del suelo húmedo (g)	4397	4487	4682	4647		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.10	2.14	2.24	2.22		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	840.06	738.46	700.40	587.40		
Peso del suelo seco + tara (g)	815.46	705.49	654.00	540.00		
Peso del agua (g)	24.60	32.97	46.40	47.40		
Peso de la tara (g)	58.10	47.60	54.50	71.20		
Peso del suelo seco (g)	757.36	657.89	599.50	468.80		
% de humedad (%)	3.25	5.01	7.74	10.11		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.03	2.04	2.08	2.02		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.075
Óptimo contenido de humedad (%)	8.01

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11800		12030		12303	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4245		4475		4748	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.003		2.112		2.241	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.48		105.65		96.75	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.50		98.00		90.36	
Peso del agua (g)	6.98		7.65		6.39	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	77.17		87.45		79.81	
% de humedad (%)	9.05		8.75		8.01	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.837		1.942		2.075	

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.496	0.496	0.391	0.557	0.557	0.439	0.631	0.631	0.497
48 hrs	0.570	0.570	0.448	0.606	0.606	0.477	0.668	0.668	0.526
72 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530
96 hrs	0.612	0.612	0.482	0.612	0.612	0.482	0.674	0.674	0.530

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	49	418.07	139.39	81	698.22	232.80	121	1043.02	347.76
0.050	74	637.88	212.68	150	1293.00	431.11	224	1930.88	643.79
0.075	121	1043.02	347.76	204	1758.48	586.31	289	2491.18	830.60
0.100	174	1499.88	500.08	281	2422.22	807.61	391	3370.42	1123.75
0.125	241	2077.42	692.65	345	2973.90	991.55	480	4137.60	1379.54
0.150	284	2448.08	816.23	415	3577.30	1192.73	535	4611.70	1537.61
0.200	401	3456.62	1152.49	540	4654.80	1551.98	679	5852.98	1951.48
0.300	534	4603.08	1534.74	665	5732.30	1911.24	834	7189.08	2396.95
0.400	625	5387.50	1796.28	749	6456.38	2152.66	925	7973.50	2658.49
0.500	650	5603.00	1868.13	780	6723.60	2241.76	975	8404.50	2802.19

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

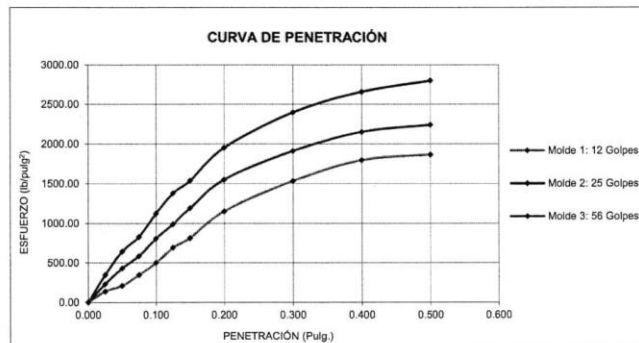
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

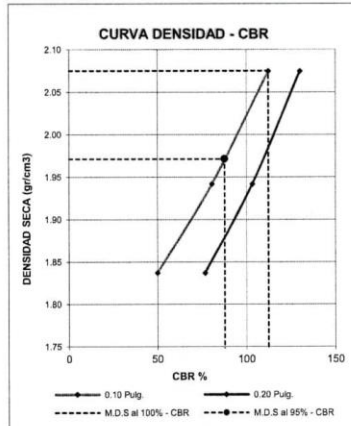

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	500.08	1000	50.01	1.837
2	0.100	807.61	1000	80.76	1.942
3	0.100	1123.75	1000	112.38	2.075

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1152.49	1500	76.83	1.837
2	0.200	1551.98	1500	103.47	1.942
3	0.200	1951.48	1500	130.10	2.075

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.075
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.971
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.01
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	112.38
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	87.74



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

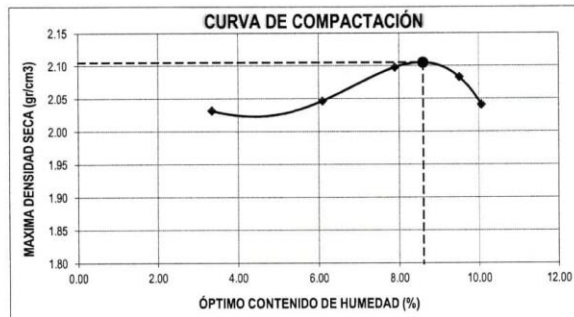
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

Moide N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10650	10800	10992	11029	10957	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4397	4547	4739	4776	4704	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.10	2.17	2.26	2.28	2.25	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	472.30	419.50	611.30	568.20	660.20	
Peso del suelo seco + tara (g)	460.00	398.60	570.30	522.90	604.00	
Peso del agua (g)	12.30	20.90	41.00	45.30	56.20	
Peso de la tara (g)	93.20	55.90	50.90	46.40	45.60	
Peso del suelo seco (g)	366.80	342.70	519.40	476.50	558.40	
% de humedad (%)	3.35	6.10	7.89	9.51	10.06	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.03	2.05	2.10	2.08	2.04	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.105
Óptimo contenido de humedad (%)	8.60

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11780		12080		12400	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4225		4525		4845	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.994		2.135		2.286	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.48		105.65		96.75	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.50		97.98		89.93	
Peso del agua (g)	6.98		7.67		6.83	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	77.17		87.43		79.38	
% de humedad (%)	9.05		8.77		8.50	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.828		1.963		2.105	

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.455	0.455	0.359	0.502	0.502	0.395	0.562	0.562	0.443
48 hrs	0.497	0.497	0.391	0.534	0.534	0.421	0.595	0.595	0.468
72 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	52	448.24	149.45	85	732.70	244.29	126	1086.12	362.13
0.050	77	663.74	221.30	156	1344.72	448.35	230	1982.60	661.03
0.075	125	1077.50	359.26	210	1810.20	603.55	310	2672.20	890.95
0.100	177	1525.74	508.71	285	2456.70	819.10	400	3448.00	1149.62
0.125	245	2111.90	704.14	347	2991.14	997.29	483	4163.46	1368.16
0.150	289	2491.18	830.60	418	3603.16	1201.35	540	4654.80	1551.98
0.200	405	3491.10	1163.99	545	4697.90	1566.36	681	5870.22	1957.23
0.300	538	4637.56	1546.24	668	5758.16	1919.86	836	7206.32	2402.70
0.400	629	5421.98	1807.77	752	6482.24	2161.28	930	8016.60	2672.86
0.500	653	5628.86	1876.75	784	6758.08	2253.25	978	8430.36	2810.82

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

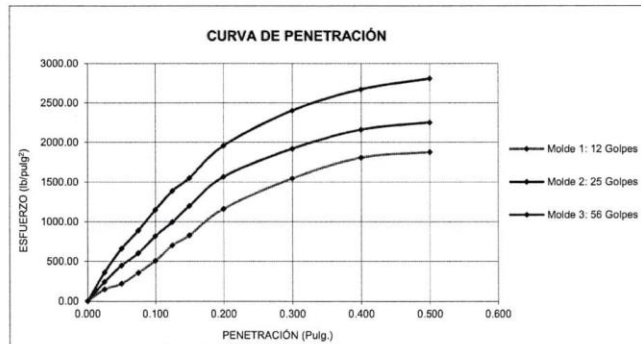
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

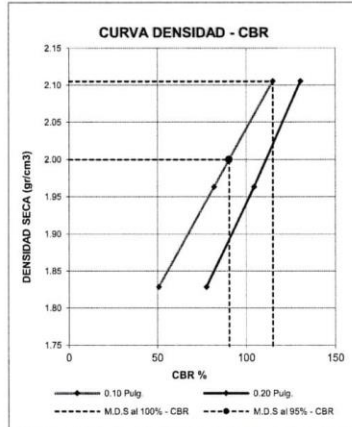

VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	508.71	1000	50.87	1.828
2	0.100	819.10	1000	81.91	1.963
3	0.100	1149.62	1000	114.96	2.105

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1163.99	1500	77.60	1.828
2	0.200	1566.36	1500	104.42	1.963
3	0.200	1957.23	1500	130.48	2.105

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.105
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	2.000
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.60
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	114.96
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	90.40



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: METODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

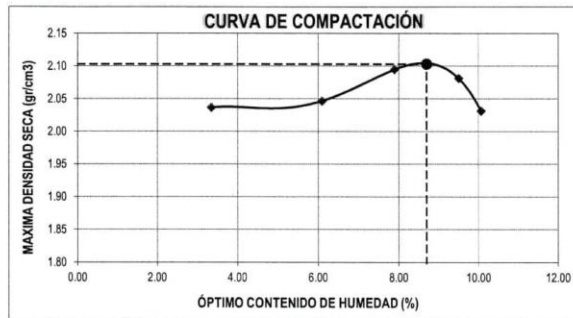
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10660	10800	10985	11025	10935	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4407	4547	4732	4772	4682	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.10	2.17	2.26	2.28	2.24	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	472.30	419.50	511.30	568.20	560.20	
Peso del suelo seco + tara (g)	460.00	398.60	570.30	522.90	604.00	
Peso del agua (g)	12.30	20.90	41.00	45.30	56.20	
Peso de la tara (g)	83.20	55.90	50.90	46.40	45.60	
Peso del suelo seco (g)	366.80	342.70	519.40	476.50	558.40	
% de humedad (%)	3.35	6.10	7.89	9.51	10.06	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.04	2.05	2.09	2.08	2.03	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.103
Óptimo contenido de humedad (%)	8.70

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA , 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11750		12050		12400			
Peso del molde (g)	7555		7555		7555			
Peso del suelo húmedo (g)	4195		4495		4845			
Volumen del molde (cm³)	2119		2119		2119			
Volumen del disco espaciador (cm³)	1085		1085		1085			
Densidad húmeda (g/cm³)	1.980		2.121		2.286			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.60		105.70		96.75			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.50		97.98		89.85			
Peso del agua (g)	7.10		7.72		6.90			
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55			
Peso del suelo seco (g)	77.17		87.43		79.30			
% de humedad (%)	9.20		8.83		8.70			
Densidad de Suelo Seco (g/cm³)	1.813		1.949		2.103			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.455	0.455	0.359	0.502	0.502	0.395	0.562	0.562	0.443
48 hrs	0.497	0.497	0.391	0.534	0.534	0.421	0.595	0.595	0.468
72 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.025	52	448.24	149.45	65	732.70	244.29	126	1086.12	362.13
0.050	77	663.74	221.30	156	1344.72	448.35	230	1982.60	661.03
0.075	125	1077.50	359.26	210	1810.20	603.55	310	2672.20	890.95
0.100	177	1525.74	508.71	285	2456.70	819.10	400	3448.00	1149.62
0.125	245	2111.90	704.14	347	2991.14	997.29	483	4163.46	1388.16
0.150	289	2491.18	830.60	418	3603.16	1201.35	540	4654.80	1551.98
0.200	405	3491.10	1163.99	545	4697.80	1566.36	681	5870.22	1957.23
0.300	538	4637.56	1546.24	668	5758.16	1919.86	836	7206.32	2402.70
0.400	629	5421.98	1807.77	752	6482.24	2161.28	930	8016.60	2672.86
0.500	653	5628.86	1876.75	784	6798.08	2253.25	978	8430.36	2810.82

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
-fe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

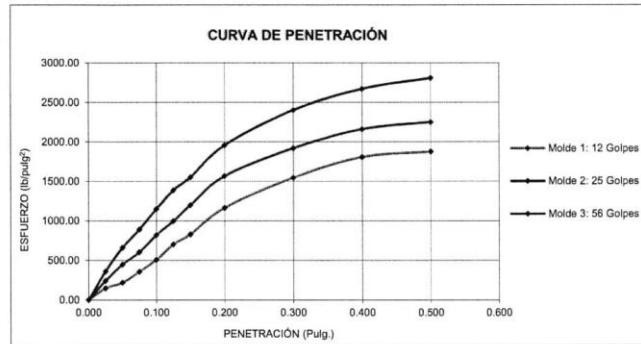
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



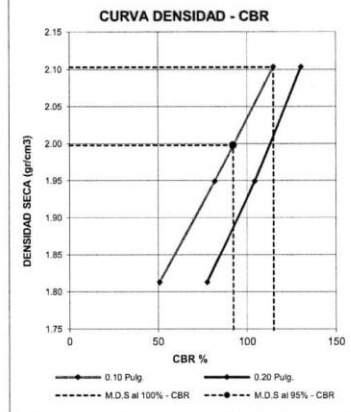
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	508.71	1000	50.87	1.813
2	0.100	819.10	1000	81.91	1.949
3	0.100	1149.62	1000	114.96	2.103

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1163.99	1500	77.60	1.813
2	0.200	1566.36	1500	104.42	1.949
3	0.200	1957.23	1500	130.48	2.103

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.103
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.998
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.70
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	114.96
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	92.34



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIC: 211094
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

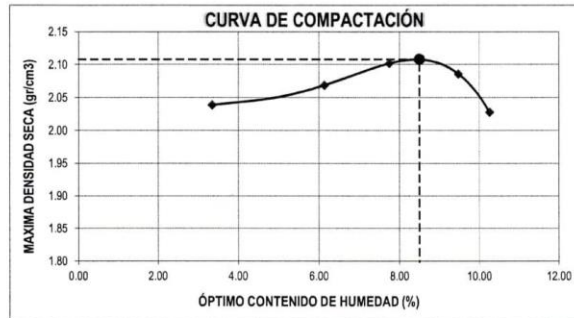
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10665	10850	10995	11035	10935	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4412	4597	4742	4782	4682	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.11	2.20	2.26	2.28	2.24	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	472.30	419.50	511.30	568.20	660.20	
Peso del suelo seco + tara (g)	460.00	398.50	571.00	523.00	603.00	
Peso del agua (g)	12.30	21.00	40.30	45.20	57.20	
Peso de la tara (g)	93.20	55.90	50.90	46.40	45.60	
Peso del suelo seco (g)	366.80	342.60	520.10	476.60	557.40	
% de humedad (%)	3.35	6.13	7.75	9.48	10.26	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.04	2.07	2.10	2.09	2.03	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.108
Óptimo contenido de humedad (%)	8.50

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA , 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11759		12055		12402	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4204		4500		4847	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.984		2.124		2.287	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.60		105.75		96.75	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.40		97.95		90.00	
Peso del agua (g)	7.20		7.80		6.75	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	77.07		87.40		79.45	
% de humedad (%)	9.34		8.92		8.50	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.814		1.950		2.108	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.455	0.455	0.359	0.502	0.502	0.395	0.562	0.562	0.443
48 hrs	0.497	0.497	0.391	0.534	0.534	0.421	0.595	0.595	0.468
72 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.516	0.516	0.406	0.539	0.539	0.424	0.600	0.600	0.472

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	53	456.86	152.32	87	749.94	250.04	126	1086.12	362.13
0.050	78	672.36	224.18	160	1379.20	459.85	230	1982.60	661.03
0.075	126	1086.12	362.13	212	1827.44	609.30	310	2672.20	890.95
0.100	178	1534.36	511.58	286	2465.32	821.98	399	3439.38	1146.74
0.125	246	2120.52	707.02	350	3017.00	1005.92	483	4163.46	1388.16
0.150	290	2499.80	833.47	420	3620.40	1207.10	540	4654.80	1551.98
0.200	407	3508.34	1169.74	550	4741.00	1580.73	681	5870.22	1957.23
0.300	540	4654.80	1551.98	670	5775.40	1925.61	836	7206.32	2402.70
0.400	630	5430.60	1810.65	755	6508.10	2169.90	930	8016.60	2672.86
0.500	655	5646.10	1882.50	785	6786.70	2256.13	980	8447.60	2816.57

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

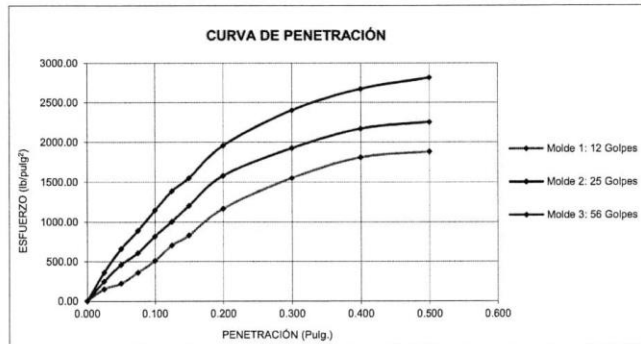
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



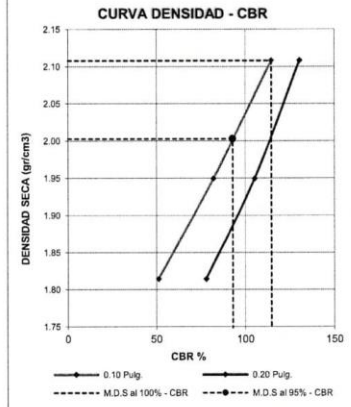
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	511.58	1000	51.16	1.814
2	0.100	821.98	1000	82.20	1.950
3	0.100	1146.74	1000	114.67	2.108

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1169.74	1500	77.98	1.814
2	0.200	1580.73	1500	105.38	1.950
3	0.200	1957.23	1500	130.48	2.108

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.108
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	2.003
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.50
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	114.67
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	93.04



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

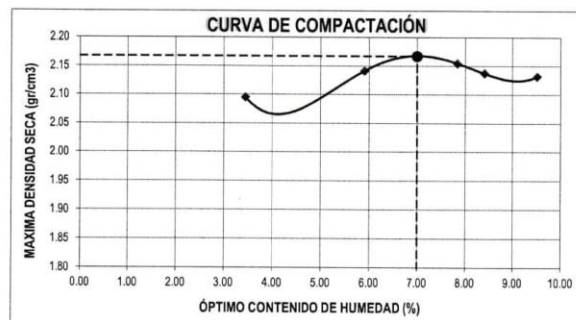
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10791	11002	11119	11105	11142	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4538	4749	4866	4852	4889	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.17	2.27	2.32	2.32	2.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	368.70	448.40	489.20	479.40	443.60	
Peso del suelo seco + tara (g)	359.30	427.00	457.00	446.70	409.20	
Peso del agua (g)	9.40	22.40	32.20	32.70	34.40	
Peso de la tara (g)	86.80	47.90	48.40	58.00	47.80	
Peso del suelo seco (g)	272.50	379.10	410.60	388.70	361.40	
% de humedad (%)	3.45	5.91	7.84	8.41	9.52	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.09	2.14	2.15	2.14	2.13	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.167
Óptimo contenido de humedad (%)	7.00

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11799		12105		12468	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4244		4550		4913	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.003		2.147		2.319	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.60		105.75		96.75	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	88.30		98.90		91.11	
Peso del agua (g)	6.30		6.85		5.64	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	77.97		88.35		80.56	
% de humedad (%)	8.08		7.75		7.00	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.853		1.993		2.167	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.442	0.442	0.348	0.496	0.496	0.391	0.561	0.561	0.442
48 hrs	0.507	0.507	0.399	0.540	0.540	0.425	0.594	0.594	0.468
72 hrs	0.545	0.545	0.429	0.545	0.545	0.429	0.600	0.600	0.472
96 hrs	0.545	0.545	0.429	0.545	0.545	0.429	0.600	0.600	0.472

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	55	474.10	158.07	90	775.80	258.66	130	1120.80	373.63
0.050	80	689.60	229.92	163	1405.06	468.47	233	2008.46	669.85
0.075	130	1120.60	373.63	215	1853.30	617.92	318	2741.16	913.95
0.100	180	1551.60	517.33	292	2517.04	839.22	405	3491.10	1163.99
0.125	250	2155.00	718.51	357	3077.34	1026.03	485	4180.70	1393.91
0.150	294	2534.28	844.97	425	3683.50	1221.47	543	4680.56	1560.61
0.200	410	3534.20	1178.36	560	4827.20	1609.47	685	5904.70	1968.72
0.300	544	4689.28	1563.48	678	5844.36	1948.60	840	7240.80	2414.20
0.400	638	5499.56	1833.64	755	6508.10	2169.90	933	8042.46	2681.49
0.500	660	5689.20	1896.87	789	6801.18	2267.62	983	8473.46	2825.19

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

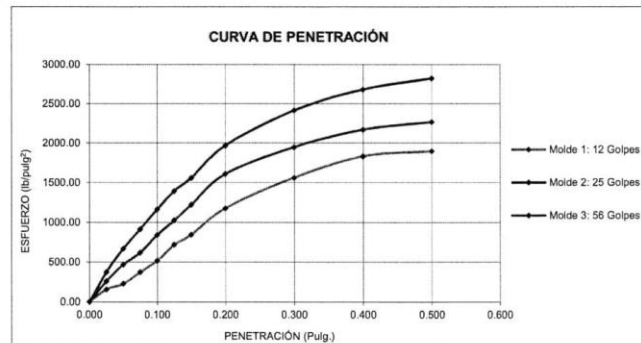
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



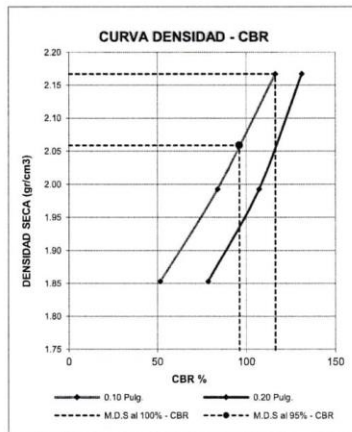
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	517.33	1000	51.73	1.853
2	0.100	839.22	1000	83.92	1.993
3	0.100	1163.99	1000	116.40	2.167

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1178.36	1500	78.56	1.853
2	0.200	1609.47	1500	107.30	1.993
3	0.200	1968.72	1500	131.25	2.167

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.167
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	2.059
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.00
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	116.40
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	96.22



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

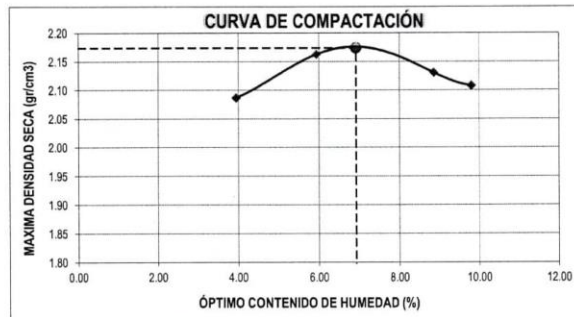
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10795	11050	11125	11110	11100	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4542	4797	4872	4857	4847	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.17	2.29	2.33	2.32	2.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	368.71	449.40	485.40	480.36	444.55	
Peso del suelo seco + tara (g)	358.00	426.89	457.00	445.98	409.20	
Peso del agua (g)	10.71	22.51	28.40	34.38	35.45	
Peso de la tara (g)	86.80	47.90	46.40	58.00	47.80	
Peso del suelo seco (g)	271.20	378.99	410.60	387.98	361.40	
% de humedad (%)	3.95	5.94	6.92	8.86	9.81	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.09	2.16	2.18	2.13	2.11	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.174
Óptimo contenido de humedad (%)	6.92

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA , 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11810		12100		12480	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4255		4545		4925	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.008		2.145		2.324	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.60		105.75		96.75	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	88.30		98.90		91.17	
Peso del agua (g)	6.30		6.85		5.58	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	77.97		88.35		80.52	
% de humedad (%)	8.08		7.75		6.92	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.858		1.991		2.174	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.244	0.244	0.192	0.269	0.269	0.212	0.301	0.301	0.237
48 hrs	0.286	0.286	0.210	0.286	0.286	0.225	0.319	0.319	0.251
72 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.025	55	474.10	158.07	90	775.80	258.66	130	1120.80	373.63
0.050	80	889.60	229.92	163	1405.06	468.47	233	2008.46	669.65
0.075	130	1120.60	373.63	215	1853.30	617.92	318	2741.16	913.95
0.100	180	1551.60	517.33	292	2517.04	839.22	404	3482.48	1161.11
0.125	250	2155.00	718.51	357	3077.34	1026.03	485	4180.70	1393.91
0.150	294	2534.28	844.97	425	3663.50	1221.47	543	4680.86	1560.61
0.200	410	3534.20	1178.36	560	4827.20	1609.47	685	5904.70	1968.72
0.300	544	4689.28	1563.48	678	5844.36	1948.60	840	7240.80	2414.20
0.400	638	5499.56	1833.64	755	6508.10	2169.90	933	8042.46	2681.49
0.500	660	5669.20	1896.67	789	6801.18	2267.62	983	8473.46	2825.19

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

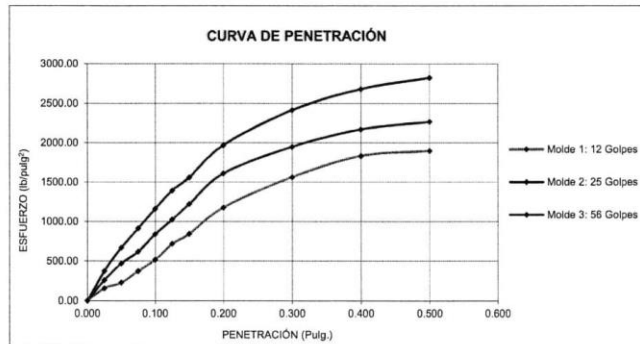
PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE RESPONSABLE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY
ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



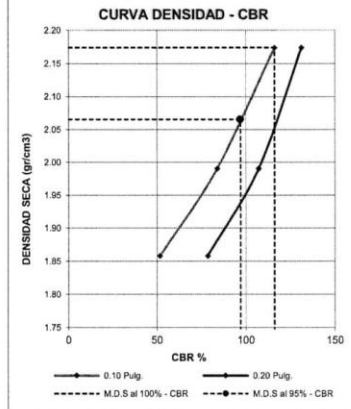
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	517.33	1000	51.73	1.858
2	0.100	839.22	1000	83.92	1.991
3	0.100	1181.11	1000	116.11	2.174

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1178.36	1500	78.56	1.858
2	0.200	1609.47	1500	107.30	1.991
3	0.200	1968.72	1500	131.25	2.174

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.174
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	2.065
Óptimo contenido de humedad	(%)	6.92
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	116.11
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	97.06



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

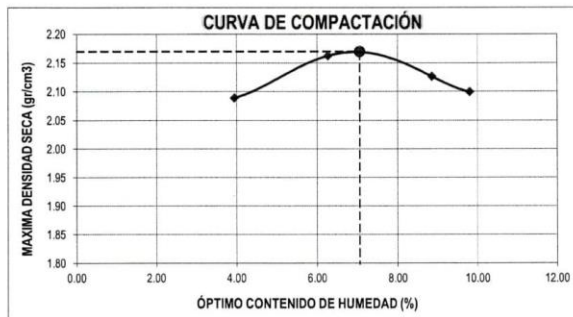
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10800	11065	11115	11100	11080	
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253	6253	
Peso del suelo húmedo (g)	4547	4812	4862	4847	4827	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.17	2.30	2.32	2.31	2.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	368.71	449.40	485.40	480.36	444.65	
Peso del suelo seco + tara (g)	358.00	425.70	456.50	445.98	409.20	
Peso del agua (g)	10.71	23.70	28.90	34.38	35.45	
Peso de la tara (g)	86.80	47.90	45.40	58.00	47.80	
Peso del suelo seco (g)	271.20	377.80	410.10	387.98	361.40	
% de humedad (%)	3.95	6.27	7.05	8.86	9.81	
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.08	2.16	2.17	2.13	2.10	



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.170
Óptimo contenido de humedad (%)	7.05

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe del Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv_peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 01	MOLDE 02	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03	MOLDE 03
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	118.10		1208.0		1247.8			
Peso del molde (g)	755.5		755.5		755.5			
Peso del suelo húmedo (g)	425.5		452.5		492.3			
Volumen del molde (cm³)	211.9		211.9		211.9			
Volumen del disco espaciador (cm³)	108.5		108.5		108.5			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.008		2.135		2.323			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.10		105.40		96.75			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	88.30		98.70		91.07			
Peso del agua (g)	5.80		6.70		5.68			
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55			
Peso del suelo seco (g)	77.97		88.15		80.52			
% de humedad (%)	7.44		7.60		7.05			
Densidad de Suelo Seco (g/cm³)	1.869		1.985		2.170			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.244	0.244	0.192	0.269	0.269	0.212	0.301	0.301	0.237
48 hrs	0.266	0.266	0.210	0.286	0.286	0.225	0.319	0.319	0.251
72 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.277	0.277	0.218	0.289	0.289	0.228	0.321	0.321	0.253

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	55	474.10	158.07	90	775.80	258.66	130	1120.60	373.63
0.050	80	689.60	229.92	163	1405.06	468.47	233	2008.46	669.65
0.075	130	1120.60	373.63	215	1853.30	617.92	318	2741.16	913.95
0.100	180	1551.60	517.33	292	2517.04	839.22	402	3465.24	1155.37
0.125	250	2155.00	718.51	357	3077.34	1026.03	485	4180.70	1393.91
0.150	294	2534.28	844.97	425	3863.50	1221.47	543	4680.66	1560.61
0.200	410	3534.20	1178.38	560	4827.20	1609.47	685	5904.70	1968.72
0.300	544	4689.28	1563.48	678	5844.36	1948.60	840	7240.80	2414.20
0.400	638	5499.56	1833.64	755	6508.10	2169.90	933	8042.46	2681.49
0.500	660	5689.20	1866.87	789	6801.18	2267.62	983	8473.46	2825.19

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

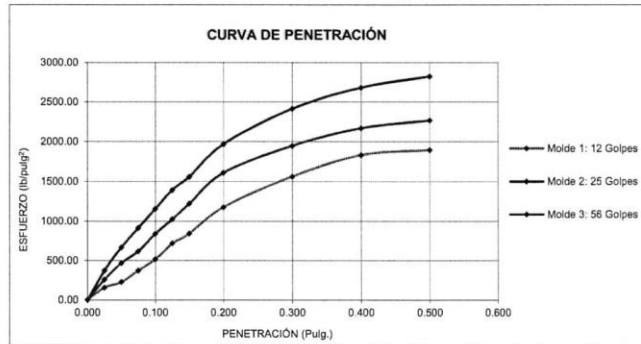
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

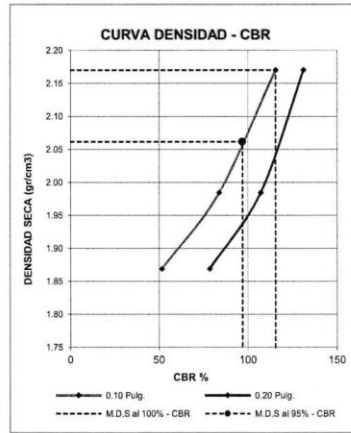


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	517.33	1000	51.73	1.869
2	0.100	839.22	1000	83.92	1.985
3	0.100	1155.37	1000	115.54	2.170

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1178.36	1500	78.56	1.869
2	0.200	1609.47	1500	107.30	1.985
3	0.200	1968.72	1500	131.25	2.170

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³) 2.170
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³) 2.062
Óptimo contenido de humedad	(%) 7.05
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 115.54
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 97.02



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

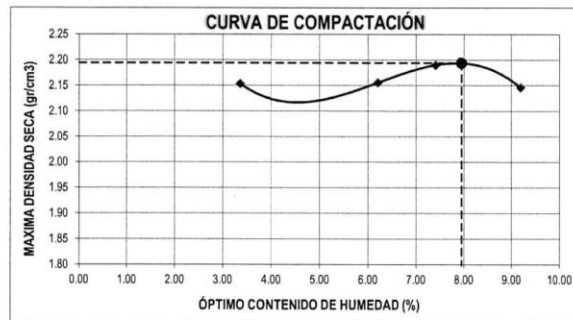
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10914	11047	11179	11160		
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253		
Peso del suelo húmedo (g)	4661	4794	4926	4907		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.23	2.29	2.35	2.34		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	313.80	511.10	348.40	320.50		
Peso del suelo seco + tara (g)	305.20	484.00	327.50	298.10		
Peso del agua (g)	8.60	27.10	20.90	22.40		
Peso de la tara (g)	49.40	47.60	45.60	54.50		
Peso del suelo seco (g)	255.80	436.40	281.90	243.60		
% de humedad (%)	3.36	6.21	7.41	9.20		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.15	2.16	2.19	2.15		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.194
Óptimo contenido de humedad (%)	7.95

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSION
ASTM D - 1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C.X / E.X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAIDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03			
MOLDE	12		25		56			
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11820		12150		12573			
Peso del molde (g)	7555		7555		7555			
Peso del suelo húmedo (g)	4265		4595		5018			
Volumen del molde (cm³)	2119		2119		2119			
Volumen del disco espaciador (cm³)	1085		1085		1085			
Densidad húmeda (g/cm³)	2.013		2.168		2.368			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.10		107.13		96.75			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.50		100.00		90.40			
Peso del agua (g)	6.60		7.13		6.35			
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55			
Peso del suelo seco (g)	77.17		89.45		79.85			
% de humedad (%)	8.55		7.97		7.95			
Densidad de Suelo Seco (g/cm³)	1.854		2.008		2.194			

ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.255	0.255	0.201	0.262	0.262	0.206	0.279	0.279	0.220
48 hrs	0.279	0.279	0.220	0.284	0.284	0.224	0.316	0.316	0.249
72 hrs	0.281	0.281	0.221	0.288	0.288	0.226	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.281	0.281	0.221	0.288	0.288	0.226	0.321	0.321	0.253

ENSAYO DE CARGA PENETRACION

PENETRACION Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	65	560.30	186.81	97	836.14	278.78	142	1224.04	408.11
0.050	85	732.70	244.29	168	1448.16	462.84	245	2111.90	704.14
0.075	145	1249.90	416.74	220	1896.40	632.29	325	2801.50	934.06
0.100	190	1637.80	546.07	300	2586.00	862.21	430	3706.60	1235.84
0.125	261	2249.82	750.13	367	3183.54	1054.77	500	4310.00	1437.02
0.150	301	2594.62	865.09	428	3689.36	1230.09	549	4732.38	1577.85
0.200	417	3594.54	1198.48	563	4853.06	1618.09	700	6034.00	2011.83
0.300	580	4827.20	1609.47	680	5861.60	1954.35	848	7309.76	2437.19
0.400	642	5534.04	1845.14	762	6568.44	2190.02	950	8189.00	2730.34
0.500	679	5852.98	1951.48	795	6852.90	2284.87	1000	8620.00	2874.05

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAUURI, CHICAMA, 2019

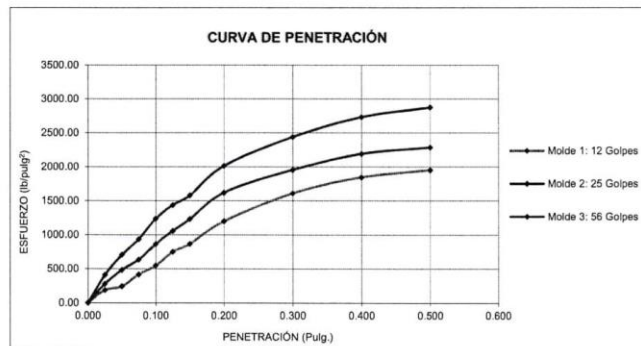
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAUURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAUURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



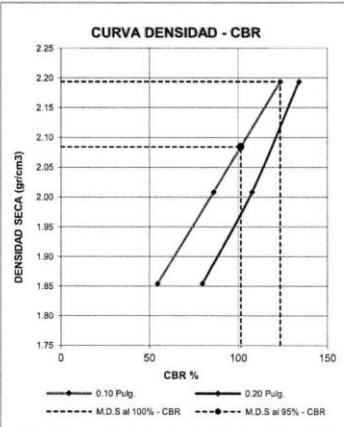
VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.100	546.07	1000	54.61	1.854
2	0.100	862.21	1000	86.22	2.008
3	0.100	1235.84	1000	123.58	2.194

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg ²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg ²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm ³)
1	0.200	1198.48	1500	79.90	1.854
2	0.200	1618.09	1500	107.87	2.008
3	0.200	2011.83	1500	134.12	2.194

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm ³)	2.194
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm ³)	2.084
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.95
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	123.58
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	101.53



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

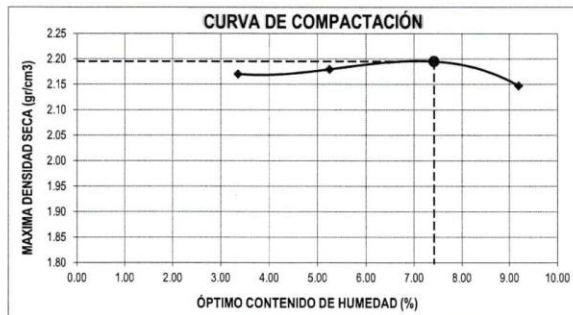
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10950	11056	11190	11163		
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253		
Peso del suelo húmedo (g)	4697	4803	4937	4910		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.24	2.29	2.36	2.34		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	313.80	511.10	348.40	320.50		
Peso del suelo seco + tara (g)	305.20	488.00	327.50	298.10		
Peso del agua (g)	8.60	23.10	20.90	22.40		
Peso de la tara (g)	49.40	47.60	45.60	54.50		
Peso del suelo seco (g)	255.80	440.40	281.90	243.60		
% de humedad (%)	3.36	5.25	7.41	9.20		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.17	2.18	2.19	2.15		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.195
Óptimo contenido de humedad (%)	7.42

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11823		12160		12552	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	4268		4605		4997	
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.014		2.173		2.358	
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.10		107.13		96.75	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.80		100.20		90.80	
Peso del agua (g)	6.30		6.93		5.96	
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55	
Peso del suelo seco (g)	77.47		89.65		80.25	
% de humedad (%)	8.13		7.73		7.42	
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.863		2.017		2.195	

ENSAYO DE EXPANSIÓN									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.224	0.224	0.176	0.255	0.255	0.200	0.298	0.298	0.235
48 hrs	0.247	0.247	0.194	0.270	0.270	0.213	0.316	0.316	0.249
72 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	66	568.92	189.69	95	818.90	273.03	145	1249.90	416.74
0.050	86	741.32	247.17	170	1465.40	488.59	244	2103.28	701.27
0.075	144	1241.28	413.86	221	1905.02	635.16	327	2818.74	939.81
0.100	191	1646.42	548.94	298	2568.76	856.47	431	3715.22	1238.71
0.125	260	2241.20	747.25	365	3146.30	1049.03	500	4310.00	1437.02
0.150	300	2586.00	862.21	430	3706.60	1235.84	550	4741.00	1580.73
0.200	418	3603.16	1201.35	565	4870.30	1623.84	701	6042.62	2014.71
0.300	565	4870.30	1623.84	683	5987.46	1962.97	850	7327.00	2442.94
0.400	645	5559.90	1853.76	765	6594.30	2198.65	951	8197.62	2733.22
0.500	680	5861.60	1954.35	796	6861.52	2287.74	999	8611.38	2871.17

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

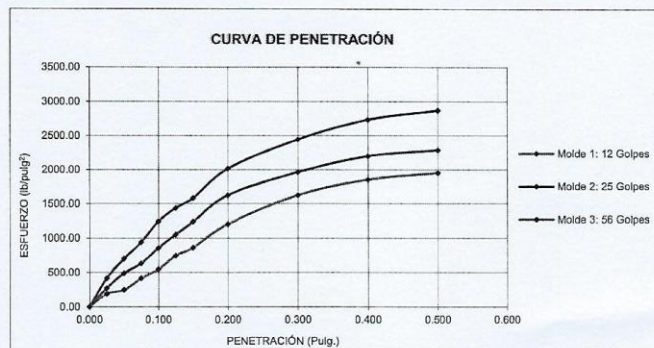
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

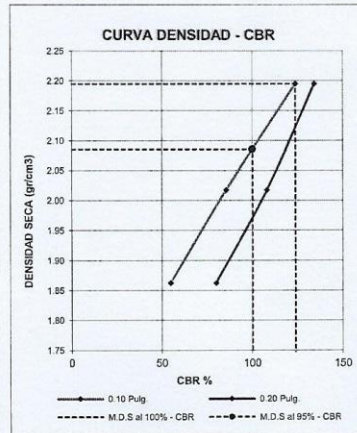

VALORES CORREGIDOS

MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	548.94	1000	54.89	1.863
2	0.100	856.47	1000	85.65	2.017
3	0.100	1238.71	1000	123.87	2.195

MOLDE Nº	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1201.35	1500	80.09	1.863
2	0.200	1623.84	1500	108.26	2.017
3	0.200	2014.71	1500	134.31	2.195

RESULTADOS DEL ENSAYO

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.195
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	2.085
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.42
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	123.87
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	100.25



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO D
ASTM D - 1557**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

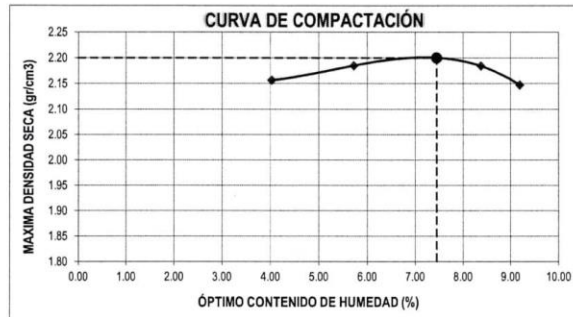
FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

Moide N°	S-3
Peso del molde (g)	6253
Volumen del molde (cm ³)	2094
N° de capas	5
N° de golpes por capa	56

MUESTRA N°	# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10950	11090	11210	11163		
Peso del molde (g)	6253	6253	6253	6253		
Peso del suelo húmedo (g)	4697	4837	4957	4910		
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.24	2.31	2.37	2.34		
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	315.50	511.10	348.40	320.50		
Peso del suelo seco + tara (g)	305.20	486.00	325.00	298.10		
Peso del agua (g)	10.30	25.10	23.40	22.40		
Peso de la tara (g)	49.40	47.60	45.60	54.60		
Peso del suelo seco (g)	255.80	438.40	279.40	243.60		
% de humedad (%)	4.03	5.73	8.38	9.20		
Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.16	2.18	2.18	2.15		



Máxima densidad seca (g/cm ³)	2.200
Óptimo contenido de humedad (%)	7.45

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D - 1883**

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

ENSAYO DE CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03			
MOLDE	12		25		56			
Nº DE GOLPES POR CAPA	12		25		56			
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530			
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11720		12131		12585			
Peso del molde (g)	7555		7555		7555			
Peso del suelo húmedo (g)	4165		4576		5030			
Volumen del molde (cm ³)	2119		2119		2119			
Volumen del disco espaciador (cm ³)	1085		1085		1085			
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.966		2.160		2.364			
CONTENIDO DE HUMEDAD								
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	94.10		107.13		96.75			
Peso del suelo seco + cápsula (g)	87.95		100.25		90.77			
Peso del agua (g)	6.15		6.88		5.98			
Peso de la cápsula (g)	10.33		10.55		10.55			
Peso del suelo seco (g)	77.62		89.70		80.22			
% de humedad (%)	7.92		7.67		7.45			
Densidad de Suelo Seco (g/cm ³)	1.821		2.006		2.200			

ENSAYO DE EXPANSIÓN

TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.224	0.224	0.176	0.255	0.255	0.200	0.298	0.298	0.235
48 hrs	0.247	0.247	0.194	0.270	0.270	0.213	0.316	0.316	0.249
72 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253
96 hrs	0.249	0.249	0.196	0.273	0.273	0.215	0.321	0.321	0.253

ENSAYO DE CARGA PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1		LECTURA DIAL	MOLDE 2		LECTURA DIAL	MOLDE 3	
		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²		lbs	ESFUERZO lbs/pulg ²
0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.025	65	560.30	186.81	95	818.90	273.03	145	1249.90	416.74
0.050	85	732.70	244.29	170	1465.40	488.59	245	2111.90	704.14
0.075	145	1249.90	416.74	220	1896.40	632.29	325	2801.50	934.06
0.100	190	1637.80	546.07	300	2586.00	862.21	430	3706.60	1235.84
0.125	260	2241.20	747.25	365	3148.30	1049.03	500	4310.00	1437.02
0.150	300	2586.00	862.21	430	3706.60	1235.84	550	4741.00	1580.73
0.200	420	3620.40	1207.10	565	4870.30	1623.84	700	6034.00	2011.83
0.300	565	4870.30	1623.84	685	5904.70	1968.72	850	7327.00	2442.94
0.400	645	5559.90	1853.76	765	6594.30	2198.65	950	8189.00	2730.34
0.500	680	5861.60	1954.35	795	6852.90	2284.87	1000	8620.00	2874.05

CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ENSAYO DE CBR Y EXPANSIÓN
ASTM D-1883

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

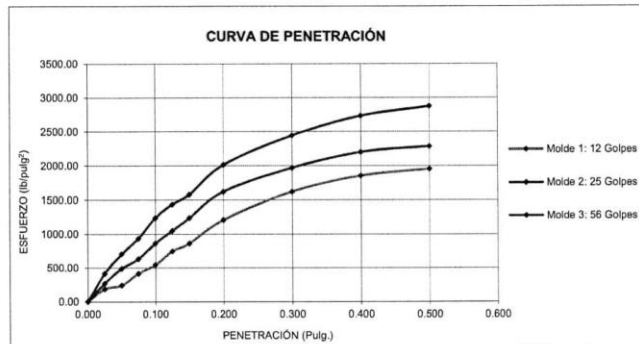
SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019 INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO

MUESTRA : C-X / E-X / CANTERA YAURI / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

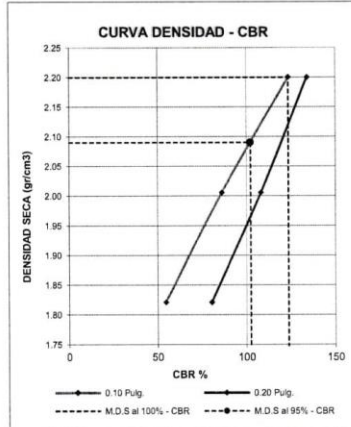


VALORES CORREGIDOS

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	546.07	1000	54.61	1.821
2	0.100	862.21	1000	86.22	2.006
3	0.100	1235.84	1000	123.58	2.200

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	1207.10	1500	80.47	1.821
2	0.200	1623.84	1500	108.26	2.006
3	0.200	2011.83	1500	134.12	2.200

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	2.200
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	2.090
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.45
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	123.58
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	102.41



CAMPUS TRUJILLO
Av. Larco 1770.
Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
Fax: (044) 485 019.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
CIP: 211074
Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES

ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO : PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA BASE GRANULAR INCORPORANDO ESCORIA DE ACERO MEDIANTE EL ENSAYO CBR - CANTERA YAURI, CHICAMA, 2019

SOLICITANTE : CRUZ MENDOZA, COLBERT DAVID - YAURI CARRASCO, JORDY ERKY

RESPONSABLE : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

UBICACIÓN : CHICAMA - ASCOPE - LA LIBERTAD

FECHA : OCTUBRE DEL 2019

Calicata	Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS						
			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm ³)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	PU (g/cm ³)	Qadm. (Kg/cm ²)	
C-X	E-X	CANTERA YAURI	0.00 m	0.75	2.58	29.73	67.69	NP	NP	NP	GW	A-1-a (0)	2.028	5.12	110.02	77.62	-	-
												2.025	5.45	107.78	78.76	-	-	
												2.030	5.50	107.78	78.83	-	-	
INCORPORACIÓN DEL 5% DE ESCORIA DE ACERO												2.030	8.00	109.21	81.40	-	-	
												2.032	7.82	108.35	81.96	-	-	
												2.031	7.80	110.65	81.29	-	-	
INCORPORACIÓN DEL 10% DE ESCORIA DE ACERO												2.069	8.01	111.51	86.23	-	-	
												2.071	8.02	111.80	87.34	-	-	
												2.075	8.01	112.38	87.74	-	-	
INCORPORACIÓN DEL 15% DE ESCORIA DE ACERO												2.105	8.60	114.96	90.40	-	-	
												2.103	8.70	114.96	92.34	-	-	
												2.108	8.50	114.67	93.04	-	-	
INCORPORACIÓN DEL 20% DE ESCORIA DE ACERO												2.167	7.00	116.40	96.22	-	-	
												2.174	6.92	116.11	97.06	-	-	
												2.170	7.05	115.54	97.02	-	-	
INCORPORACIÓN DEL 25% DE ESCORIA DE ACERO												2.194	7.95	123.58	101.53	-	-	
												2.195	7.42	123.87	100.25	-	-	
												2.200	7.45	123.58	102.41	-	-	



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO
 Ing. Bryan Emanuel Cárdenas Saldaña
 CIP: 211074
 Jefe de Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales

CAMPUS TRUJILLO
 Av. Larco 1770.
 Tel.: (044) 485 000. Anx.: 7000.
 Fax: (044) 485 019.

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe