



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Mejoramiento de propiedades del suelo de fundación de la
carretera Villa Libertad – Promuvi XI usando residuos de
concreto, Moquegua, 2023.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

Ingeniera Civil

AUTORAS:

Huanca Condori, Karen Estefany (orcid.org/0009-0000-2758-3902)

Yunguri Chirinos, Yackelyn Melissa (orcid.org/0009-0005-3935-6666)

ASESOR:

Mg. Olarte Pinares, Jorge Richard (orcid.org/0000-0001-5699-1323)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LÍNEA DE RESPONSABILIDAD SOCIAL UNIVERSITARIA:

Desarrollo sostenible y adaptación al cambio climático

LIMA – PERÚ

2024

Dedicatoria

De: Huanca Condori, Karen Estefany

Quiero dedicar la presente tesis primero a Dios, a mis padres Florentino y Ubaldina que con mucho esfuerzo me brindaron su apoyo en mi formación profesional, a mi hermano Ronaldo por aconsejarme y alentarme a continuar, a todas las personas que me han apoyado en lograr mis objetivos.

De: Yunguri Chirinos, Yackelyn Melissa

Dedico este trabajo de investigación primero a Dios quien me dio las fuerzas para superar todos los obstáculos y poder cumplir mis objetivos, a mis padres Virginia y Walter por apoyarme en todo este proceso para poder culminar mi carrera profesional, a mis hermanos Tatiana y Rodrigo por sus sabios consejos y motivación en nunca rendirme, a mi pareja Christian por acompañarme en todo este proceso y a mi hija Aythana por ser mi inspiración de seguir cumpliendo mis metas.

Agradecimiento

De: Huanca Condori, Karen Estefany

Agradezco a Dios por concederme tener a mi familia siempre conmigo y brindarme las fuerzas para superar todas las situaciones que se presentaron, a mis padres por su tiempo, trabajo y guiarme para ser una persona de valores acompañándome en todo este proceso, a mi hermano por sus palabras de aliento en ser cada día mejor. Agradezco también al asesor Mg/Dr Jorge Richard Olarte Pinares por su apoyo en la asesoría y aportes en la elaboración de mi tesis.

De: Yunguri Chirinos, Yackelyn Melissa

Quiero agradecer a Dios por proporcionarme las fuerzas para seguir adelante a pesar de todas las adversidades guiándome en el camino para poder tomar las decisiones correctas y poder culminar mis objetivos satisfactoriamente, a mi familia por confiar en mi superación profesional ya que son el principal motivo para seguir adelante y seguir superándome en todos mis proyectos futuros, a mi asesor Mg/Dr Jorge Richard Olarte Pinares por guiarme en este proceso con sus conocimientos y orientaciones para poder culminar este presente trabajo.

Declaratoria de Autenticidad del Asesor



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, OLARTE PINARES JORGE RICHARD, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "Mejoramiento de propiedades del suelo de fundación de la carretera Villa Libertad - Promuvi XI usando residuos de concreto, Moquegua, 2023.", cuyos autores son HUANCA CONDORI KAREN ESTEFANY, YUNGURI CHIRINOS YACKELYN MELISSA, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 15.00%, verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

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

LIMA, 18 de Marzo del 2024

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
JORGE RICHARD OLARTE PINARES DNI: 40752422 ORCID: 0000-0001-5699-1323	Firmado electrónicamente por: JOLARTEP el 18-03- 2024 10:45:59

Código documento Trilce: TRI - 0740432



Declaratoria de Originalidad de los Autores



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Declaratoria de Originalidad de los Autores

Nosotros, HUANCA CONDORI KAREN ESTEFANY, YUNGURI CHIRINOS YACKELYN MELISSA estudiantes de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, declaramos bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejoramiento de propiedades del suelo de fundación de la carretera Villa Libertad - Promuvi XI usando residuos de concreto, Moquegua, 2023.", es de nuestra autoría, por lo tanto, declaramos que la Tesis:

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

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

Nombres y Apellidos	Firma
HUANCA CONDORI KAREN ESTEFANY DNI: 75395177 ORCID: 0009-0000-2758-3902	Firmado electrónicamente por: KAHUANCACO el 03-04-2024 11:58:05
YUNGURI CHIRINOS YACKELYN MELISSA DNI: 70610115 ORCID: 0009-0005-3935-6666	Firmado electrónicamente por: YAYUNGURICH el 03-04-2024 16:57:39

Código documento Trilce: INV - 1581314

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento.....	iii
Declaratoria de Autenticidad del Asesor	iv
Declaratoria de Originalidad de los Autores.....	iv
Índice de contenidos.....	ivi
Índice de tablas	vii
Índice de figuras	viii
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	23
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	23
3.2. Variables y operacionalización	24
3.3. Población, muestra y muestreo	25
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	26
3.5. Procedimientos.....	28
3.6. Método de análisis de datos	60
3.7. Aspectos éticos	60
IV. RESULTADOS	61
4.1. Descripción de la zona de estudio	61
V. DISCUSIÓN	87
VI. CONCLUSIONES	89
VII. RECOMENDACIONES.....	92
REFERENCIAS	93
ANEXOS	100

Índice de tablas

Tabla 1. Categorías de Sub rasante.....	20
Tabla 2. Juicio de Expertos.	27
Tabla 3. Coeficiente de Confiabilidad del Instrumento.	28
Tabla 4. Ejecución de Calicatas.	32
Tabla 5. Ensayos a realizar en Laboratorio.....	37
Tabla 6. Tamices.....	40
Tabla 7. Tabla A-1.....	44
Tabla 8. Densidad del Agua.	50
Tabla 9. Penetración.	54
Tabla 10. Combinaciones Suelo Natural y Residuo de Concreto.....	59
Tabla 11. Resultados de Ensayo de CBR.	66
Tabla 12. Resultados de ensayos de Limites de Consistencia.....	69
Tabla 13. Resultados de Estabilización.....	71
Tabla 14. Periodo de Diseño.	74
Tabla 15. Nivel de Confiabilidad.....	75
Tabla 16. Desviación Estándar Normal.	76
Tabla 17. Desviación Estándar Combinado.	77
Tabla 18. Valor de Drenaje.....	79
Tabla 19. Resultados de Normalidad de Hipótesis 1.....	80
Tabla 20. Resultados de Normalidad de Hipótesis 1.....	81
Tabla 21. Resultados de Normalidad de Hipótesis 2.....	82
Tabla 22. Resultados de Normalidad de Hipótesis 2.....	84
Tabla 23. Resultados de Normalidad de Hipótesis 3.....	85
Tabla 24. Resultados de Normalidad de Hipótesis 3.....	86

Índice de figuras

Figura 1. Depósito de Material Excedente.	15
Figura 2. Estructura del Pavimento.	17
Figura 3. Triángulo Textural según clasificación USDA.	19
Figura 4. Cuchara de Casagrande.	21
Figura 5. Longitud de la Carretera Villa Libertad – Promuvi XI.....	29
Figura 6. Visita de la Carretera Villa Libertad – Promuvi XI.	29
Figura 7. Excavación Calicata 1.	30
Figura 8. Excavación Calicata 2.	31
Figura 9. Excavación Calicata 3.	31
Figura 10. Extracción de la Muestra del Suelo.	33
Figura 11. Cuarteo del Suelo.....	34
Figura 12. Cuarteo de las Muestras de las Calicatas 1, 2 y 3.	35
Figura 13. Ubicación del Depósito de Material Excedente (DME).....	35
Figura 14. Visita del DME.....	36
Figura 15. Extracción de Residuos de Concreto.	36
Figura 16. Ecuación de Porcentaje Retenido.	38
Figura 17. Ecuación de Porcentaje Retenido Acumulado.	38
Figura 18. Ecuación de Porcentaje Que Pasa.....	38
Figura 19. Ecuación de Porcentaje Que Pasa el Tamiz N°200.	39
Figura 20. Materiales para la Granulometría.....	39
Figura 21. Tamizado en Laboratorio.	41
Figura 22. Granulometría de la muestra patrón.....	41
Figura 23. Ecuación de Contenido de Humedad.....	42
Figura 24. Ecuación de Limite Liquido.	43
Figura 25. Aparato Manual del Límite Liquido.	45
Figura 26. Muestra antes y después del Ensayo.....	45
Figura 27. Casagrande.....	46
Figura 28. Ecuación de Limite Plástico.	47
Figura 29. Muestras de Limite Plástico.	47
Figura 30. Ecuación de Índice Plástico.	48

Figura 31. Molde de 6.0 pulg.....	48
Figura 32. Ecuación de Densidad Húmeda.....	49
Figura 33. Ecuación de Densidad Seca.	50
Figura 34. Ecuación Peso Unitario Seco.....	50
Figura 35. Ecuación de Contenido de Saturación.	51
Figura 36. Compactación.	52
Figura 37. Pistón Manual.....	52
Figura 38. Ecuación Humedad de Compactación.	53
Figura 39. Ecuación de Expansión.....	54
Figura 40. Materiales para el Ensayo de CBR.	56
Figura 41. Ensayo de CBR realizado en Laboratorio.	56
Figura 42. Características de Residuos de Concreto.	57
Figura 43. Trituración de forma manual.	58
Figura 44. Granulometría de Residuos de Concreto.....	58
Figura 45. Incorporación de la muestra con Residuos de Concreto.....	60
Figura 46. Mapa Político del Perú.	61
Figura 47. Mapa Político del Departamento de Moquegua.	62
Figura 48. Mapa de la Provincia de Ilo.....	62
Figura 49. Mapa del Distrito de Ilo.....	63
Figura 50. Incorporación de Residuo de Concreto a la muestra.	65
Figura 51. Ensayo de CBR.....	65
Figura 52. Gráfico del CBR al 95% y 100% del MDS.....	66
Figura 53. Gráfico de Dispersión del CBR al 95% del MDS.....	67
Figura 54. Ensayo de Límites de Atteberg.....	68
Figura 55. Ensayo de Índice de Plasticidad	68
Figura 56. Gráfico de Límites de Consistencia.....	69
Figura 57. Gráfico de Dispersión del Índice de Plasticidad.	70
Figura 58. CBR Equivalente.....	71
Figura 59. Gráfico de Espesor de Estabilización.....	72
Figura 60. Gráfico de Dispersión de Espesor de Estabilización a 40 cm.	72
Figura 61. Gráfico de Dispersión de Espesor de Estabilización a 70 cm.	73
Figura 62. Ecuación de Diseño de Pavimento Flexible.	74
Figura 63. Ecuación de diferencia entre los Índices de Serviciabilidad.	77

Figura 64. Ecuación de Módulo Resiliente.	78
Figura 65. Ecuación de Número Estructural.....	78
Figura 66. Diseño de Capas de un Pavimento.....	79

Resumen

La presente investigación tiene como objetivo mejorar las propiedades fundamentales del suelo de fundación de la carretera usando residuos de concreto en la Región Moquegua. La metodología es tipo aplicada, enfoque cuantitativo, diseño experimental y nivel explicativo, teniendo como población el tramo de la carretera del Km 0+000 al Km 3+000, por tal razón se tomó como muestra el tramo del Km 0+500 al Km 1+500, la técnica empleada es la observación directa por los ensayos realizados en el laboratorio, se utilizó como instrumentos de recolección de datos fichas y formatos.

Los resultados obtenidos indican que, el valor de CBR al 95% de MDS incrementa de 5.57%, con 5%, 10%, 15% a valores de 14.19%, 19.06% y 20.06% respectivamente, el índice de plasticidad disminuyó teniendo un IP inicial de 13.35% a 10.56%, 8.68% y 8.47% respectivamente. Se diseñó el espesor de estabilización empleando la fórmula de CBR equivalente donde se evaluó los espesores de 40cm y 70cm considerando el valor de CBR máximo 20.06%, obteniendo con $D_1 = 40\text{cm}$ un valor de CBR equivalente 5.68% y con $D_1 = 70\text{cm}$, 11.02%. Se concluyó que, al adicionar residuos de concreto los resultados son aptos para poder estabilizar la subrasante del suelo arcilloso.

Palabras clave: Estabilización, suelo de fundación, residuos de concreto.

Abstract

The present research aims to improve the fundamental properties of the road foundation soil using concrete waste in the Moquegua Region. The methodology is applied type, quantitative approach, experimental design and explanatory level, having as population the section of the road from Km 0+000 to Km 3+000, for this reason the section from Km 0+500 to Km 1+500 was taken as a sample, the technique used is direct observation by the tests carried out in the laboratory, Data sheets and formats were used as data collection instruments.

The results obtained indicate that the CBR value at 95% of MDS increased from 5.57%, with 5%, 10%, 15% to values of 14.19%, 19.06% and 20.06% respectively, the plasticity index decreased having an initial PI from 13.35% to 10.56%, 8.68% and 8.47% respectively. The stabilization thickness was designed using the equivalent CBR formula where the thicknesses of 40cm and 70cm were evaluated considering the maximum CBR value 20.06%, obtaining with $D_1 = 40\text{cm}$ an equivalent CBR value of 5.68% and with $D_1 = 70\text{cm}$ 11.02%. It was concluded that, by adding concrete residues, the results are suitable to stabilize the subgrade of the clay soil.

Keywords: Stabilization, foundation soil, concrete wa

I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, la necesidad de obtener materiales para fines de la conformación de pavimentos y capas granulares va relacionado con la demanda de la construcción, en ese sentido, podemos ver cómo las canteras están siendo sobreexplotadas; por lo tanto, existe el reto en la actualidad de dejar de depender de las canteras y fuentes de materiales en contraposición de reutilizar materiales con el fin de estabilizar los suelos, en lugar de, usar productos químicos comerciales lo cual elevan el costo de las construcciones de las carreteras específicamente en la partida explanaciones. En Latinoamérica y el resto del mundo investigan sobre el progreso de las propiedades de suelos limosos y arcillosos ya que presentan limitaciones en sus propiedades mecánicas y sus propiedades físicas, un problema más visto que se dan en estos lugares más frecuentes en la construcción de pavimentos, es que encontramos suelos cohesivos. A nivel internacional según Ochoa Sara (2019) estudia una carretera con una subrasante limo arcillosa lo que causa una baja capacidad de soporte a cargas, la cual trae como efecto hundimiento, falla prematura del pavimento, deformaciones, estructuras que son diseñadas para 10 o 20 años duran 2 a 3 años de vida útil el cual no garantiza la estabilidad y durabilidad de la carretera.

A nivel nacional, en el Perú están aumentando las construcciones de la misma medida que el país está creciendo económicamente ya que es uno de los sectores con mayor movimiento en el mercado económico y esto genera un índice elevado de residuos de concreto que son llevados a botaderos de materiales excedentes (DME), en estos materiales se encuentran los residuos de diferentes estructuras de concreto. Las canteras en el Perú están siendo sobreexplotadas generando un impacto ambiental negativo, por lo que las empresas contratistas tienen que recurrir a nuevas fuentes de materiales ubicadas en zonas alejadas al proyecto que se está ejecutando, lo cual eleva el costo de construcción. El Perú tiene diversos tipos de suelos según su ubicación geográfica, en la región de la Costa presentamos suelos arenosos, suelos salinos y en el Norte suelos aluviales; en la Sierra peruana tenemos suelos arenosos y en el Sur suelos salitrosos ya que contienen una cantidad considerable de sal; y en la Selva tenemos suelos de origen sedimentario

con alto nivel de nutrientes. A nivel nacional según Quispe, Jackeline (2020) investiga sobre una carretera con suelo arcilloso el cual posee limitaciones en sus propiedades lo que causa una baja capacidad portante lo que trae como efecto asentamiento a causa del tipo de suelo y reduce del pavimento su vida útil.

A nivel local, en la actualidad la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicada en la región Moquegua se encuentra a nivel de afirmado, es posible apreciar diferentes tipos de deformaciones en la superficie debido a la composición geológica del suelo de la subrasante, específicamente de tipología arcillosa y limosa. Las canteras están siendo sobreexplotadas; por ello, es necesario replantear los procedimientos constructivos promoviendo la reutilización de materiales, dado que las canteras más cercanas se encuentran muy alejadas de la ciudad. En las carreteras existen tramos críticos que presentan suelos arcillosos los cuales presentan limitaciones en sus propiedades mecánicas y físicas por lo que causa una baja capacidad de soporte y a su vez el índice de plasticidad elevado que lo hace inestable teniendo como efecto la presencia de un valor de contracción y expansión elevado, se producen asentamientos, deformaciones que afectan la transitabilidad por lo cual no se puede construir sobre este tipo de fundación.

En esta investigación se formuló como **problema general**: ¿De qué manera influye la incorporación de residuos de concreto en el mejoramiento de las propiedades del suelo en la subrasante de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua? y como los **problemas específicos** se tiene: a) ¿Cómo influye la incorporación de residuos de concreto en la capacidad de soporte de los suelos en la subrasante de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI en el departamento de Moquegua?; b) ¿En qué medida la incorporación de residuos de concreto reduciría los límites de consistencia de los suelos finos de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua?; y c): Empleando el concepto de la rigidez equivalente ¿cuál sería el espesor adecuado por estabilizar, considerando los principios de diseño de pavimento AASHTO 1993?

En esta investigación la **justificación teórica** se enfoca en cerrar las brechas del conocimiento en relación con la estabilización con residuo de concreto dado que no existen procedimientos especificados en Manual de Carreteras del Perú, esta investigación va a generar nuevos conceptos, premisas y nuevas conclusiones a escala de trabajo experimental en laboratorio para fines de evaluar cómo el suelo mejora sus propiedades a partir del uso de residuo de concreto. Los porcentajes de concreto reciclado que se emplearán en el suelo serán fundamentados a partir de investigaciones anteriores como la de Valeriano, Flor de María (2022) y Casas, Emilia (2017). Por otra parte, como **justificación práctica**, en la investigación alcanzará conclusiones técnicas a partir de la incorporación del residuo de concreto en el suelo, los resultados mostrarán cómo las propiedades mecánicas y físicas limosas varían a partir de la comparación del grupo experimental versus el grupo de control, aportando al ámbito del estudio sobre la estabilización de los suelos.

En esta investigación la **justificación social**, se enfoca en garantizar una adecuada subrasante para fines de construcción de las estructuras de pavimento, esto permitirá que se garantice el tiempo de vida del pavimento, lo cual beneficia directamente a la población la misma que podrá trasladarse por diversos motivos como trabajo, comercio, salud, educación, etc. Por otra parte, en la **justificación metodológica**, de esta investigación se plantea una nueva estrategia técnica en el ámbito del mejoramiento de propiedades de suelos resaltando la reutilización de materiales para fines de la subrasante y lograr la estabilización, de esa manera obtener la seguridad y eficiencia de la estructura en las obras de construcción.

Esta investigación tiene como **objetivo general**: Mejorar las propiedades fundamentales del suelo en la subrasante de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI en el departamento de Moquegua, y como **objetivos específicos** se tienen: a) Elevar la capacidad de soporte de los suelos blandos en la subrasante de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua; b) Reducir la plasticidad de los suelos en la subrasante de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua; y c) Diseñar el espesor de estabilización de suelos dosificando residuos de concreto, siguiendo los principios de la rigidez equivalente y el diseño de pavimentos AASHTO1993.

En esta investigación se formuló la **hipótesis general**, la incorporación de residuos de concreto en dosificaciones adecuadas mejoraría las propiedades del suelo de subrasante de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua, y como **hipótesis específicos** se tiene: a) La dosificación de residuos de concreto elevaría la capacidad de soporte de los suelos; b) Incorporando residuos de concreto al suelo de subrasante se reducir la plasticidad de los suelos blandos de fundación de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua; y c) Una metodología adecuada para estimar el espesor de estabilización con residuos de concreto sería considerando el concepto de la rigidez equivalente.

II. MARCO TEÓRICO

Se tiene como antecedentes nacionales: Valeriano, Flor de María (2022), su investigación tiene como **objetivo** adicionar residuos de concreto en el suelo para evaluar las propiedades mecánicas y físicas de subrasante con suelo limoso. Este estudio es **tipo** aplicada, **diseño** experimental y **nivel** explicativo. La **población** es la Avenida Próceres del distrito de Chilca - Huancayo, la **muestra** está constituida por 240 especímenes de suelo, **muestreo** no probabilístico. Los **resultados** en el CBR que se obtuvieron al incorporar 10%, 20% y 30% de residuo de concreto se obtienen los porcentajes de 11.78%, 15.96% y 23.72% respectivamente del suelo natural con una rigidez de la subrasante CBR de 6.88% y el índice de plasticidad se redujo obteniendo con incorporación 10% un $I_p = 7.53$, con 20% un $I_p = 5.73$ y con 30% un $I_p = 7.37$. Se **concluyó** que, la rigidez de la subrasante CBR de 6.88% pasó a ser una subrasante muy buena con un CBR de 23.72% mientras que el índice de plasticidad incrementa en 1.80% de un terreno natural $I_p = 5.57$ a $I_p = 7.37$ %.

Quispe, Jackeline (2020), tuvo como **objetivo** evaluar la estabilización de la subrasante incorporando residuos de concreto – Jirón Amazonas distrito de Chilca. La investigación es **tipo** aplicada – experimental. La **población** es el suelo del jirón Amazonas tramo Tupac Amaru – Av. Héroes del distrito de Chilca, la **muestra** es el suelo de tres calicatas del Jr. Amazonas, **muestreo** es no probabilístico. Los **resultados** del IP inicial es de 8.46% y con adición de residuo de concreto (20%, 30% y 40%) los resultados fueron 8.30%, 7.84% y 8.43% respectivamente y respecto a la rigidez de la subrasante CBR inicial fue de 5.82% y con adición de residuo de concreto los resultados fueron 10.60%, 15.85% y 14.50%, para la estabilización de la subrasante se considera un espesor de 0.15 m. Se **concluyó** que al incorporar 30% de residuo de concreto el suelo mejora la rigidez de la subrasante y sus propiedades.

Casas, Emilia (2017), tuvo como **objetivo** cuantificar como los residuos de concreto influyen en la estabilización de la subrasante en el Jirón Manuel Scorza, distrito de Chilca – Junín en el año 2017. La investigación es **tipo** aplicada – experimental. La

población se considera la carretera del Jirón Manuel Scorza, distrito Chilca, región Junín, la **muestra** está determinada desde el Km 0+000 a Km 0+100 de la vía con acceso al centro de salud y el **muestreo** es no probabilístico. Los **resultados** obtenidos el valor de la rigidez de la subrasante CBR incrementa considerablemente desde 5.39% del estado natural, con 10% incrementa el valor a 7.81%, 20% incrementa el valor a 9.41% y un 30% incrementa el valor a 12.50% respectivamente. Se **concluyó** que, al adicionar 10%, 20%, y 30% de residuos de concreto, los resultados que se obtuvieron son aptos para estabilizar la subrasante del suelo arcilloso, considerando la rigidez de la subrasante un CBR al (95% MDS) con adición 10% fue 7.81%, con 20% fue 9.41%, y con 30% incrementa considerablemente hasta un 12.50%.

Se tiene como antecedentes internacionales: Reiterman, Pavel et al. (2022), tuvo como **objetivo** la incorporación de residuos de concreto que se genera en la producción de hormigón premezclado, como agente estabilizador de suelos arcillosos en la región de Hradec Králové, República Checa. La **metodología** es tipo experimental. La **población** es el suelo arcilloso que se extrajo de la vía Rodov región de Hradec Králové, República Checa. Los **resultados** indicaron que el CBR del suelo patrón es de 3%, y al incorporar 3%, 4% y 8% los resultados de la rigidez de la subrasante CBR fueron 55%, 34% y 36% respectivamente; el suelo patrón tiene una resistencia a compresión de 0.3 Mpa, y al incorporar residuos de hormigón el valor incrementa hasta 1.09 Mpa, 0.98 Mpa y 1.06 Mpa. Se **concluyó** que los resultados obtenidos con la adición de material de desecho tienen buen potencial, debido a que la utilización de este aditivo es similar al estabilizante común.

Ochoa, Sara (2019), tuvo como **objetivo** estudiar las mezclas de suelo y residuo de concreto (RCD-C fino) a través del análisis de ISC, para elevar el valor de la rigidez de la subrasante en los pavimentos de Foz do Iguaçu. Se empleó la **metodología** aplicada - experimental, la **población** está comprendida por el suelo del campo experimental de la UNILA, ubicado en la Av. Tancredo Neves – Región Norte, Foz do Iguaçu, la **muestra** fue extraída de una calicata que tuvo una profundidad de 80cm y el **muestreo** es no probabilístico. Los **resultados** indicaron

que, al adicionar 40% y 60% la rigidez de la subrasante incrementa cumpliendo así con los requisitos para la subrasante ($CBR \geq 12$). El valor de CBR incrementó 17,56 veces sobre el suelo patrón al adicionar 60% de RCD-C fino. Se **concluyó** que se incrementa la rigidez de la subrasante en el ensayo CBR al adicionar 60% de residuo de concreto al suelo patrón.

En artículo científico internacional tenemos: S. P. Sangeetha, et al. (2022), tuvo como **objetivo**, utilizar residuos de concreto al 5%, 10%, 15%, 20% y 25% para estabilizar suelos, al tiempo que reduce los efectos nocivos sobre el medio ambiente debido al vertido ilegal, la carbonatación y los ataques de sulfuro por el uso de otros estabilizadores, así como también reduce la necesidad de espacios de relleno sanitario finitos. La **metodología** que se desarrolló es aplicada - experimental. La **población** está conformada por la carretera del sur de Shollinganallur. Los **resultados** fueron la disminución constante en los límites líquidos y plásticos mediante se fue aumentando la dosificación. El límite líquido inicial cambió de 51% a 49,21 % con la incorporación de un 25 % de los residuos concreto y un aumento significativo en los valores de la rigidez de la subrasante del suelo al incorporar proporciones de los residuos de concreto. Con la adición de 5%, 10%, 15% y 20% de los residuos de concreto el valor de CBR aumentó a 4,80%, 9,70%, 14,35% y 16,30% respectivamente. Se **concluyó** que, los valores óptimos de contenido de humedad (OMC) del suelo varía con la incorporación de residuos de concreto obteniendo un valor inicial de 15% al 21,50%, 19,30%, 18,23%, 19,19% y 18,09%, respectivamente. Los valores de CBR experimentaron un incremento significativo del 2 % al 4,80%, 9,70%, 14,35%, 16,30% y 18,09%, con la adición de residuos de concreto (5%, 10%, 15%, 20% y 25%).

Moataz, Obaydi et al. (2021), tuvo como objetivo evaluar cómo influye el residuo de concreto sobre un suelo tipo arcilloso con baja plasticidad para su utilización como subrasante de la carretera de Mosul, año 2021. La metodología es aplicada - experimental. La **población** es el suelo arcilloso de la ciudad de Mosul. Los **resultados** demostraron una mejora significativa en los valores de CBR al agregar 10% de residuos de concreto al suelo arcilloso. El valor de CBR aumenta en un 49,7% con residuos de concreto. Los valores de CBR mejoraron entre 1,1 y 1,7

veces, lo que corresponde a un incremento en el espesor de estabilización de la capa de 50 a 100 cm. Aumentos adicionales en los valores de CBR oscilan entre 1,5 y 1,8 veces al aumentar el espesor de estabilización de la capa de 50 cm a 150 cm. La adición de residuo de concreto es más activa y brinda valores más elevados a la rigidez de subrasante. Los valores de CBR obtenidos tienen una buena coincidencia entre sí a partir de los resultados experimentales. Se **concluyó** que se produjo una ligera reducción en el contenido humedad al incorporar residuos de concreto en un 10,3. El valor de CBR aumenta 49.7% con residuos de concreto y sobre el suelo natural para baja plasticidad el espesor de capa es de 50 cm. Se cree que la adición de más del 10% de residuo de concreto mejorará el porcentaje de CBR, las propiedades del suelo y la rigidez de la subrasante.

Safín, Saeed (2020), tuvo como **objetivo** identificar como influye el residuo de concreto en las propiedades geotécnicas del suelo expansivo en la ciudad de Sulaymaniyah en Kurdistán Irak, en 2020, la **metodología** es tipo aplicativa - experimental. La **población** es la ciudad de Sulaymaniyah en Kurdistán Irak, la **muestra** se obtuvo de la zona (Qrga), el **muestreo** es no probabilístico. Los **resultados** de laboratorio obtuvieron con adición de 12 % de residuo de concreto en el suelo un aumento del valor de la rigidez de la subrasante empapado durante 7 días de 4,27 % a 24,14 %, el límite de contracción lineal del suelo se redujo a 10.3% al agregar 18% de residuo de concreto. Con adición de 12% de residuo de concreto, la densidad máxima seca se elevó de 1.8 a 1.81 gm/cm³. Además, se apreció una disminución del contenido de humedad de 17,5 % al 16,3 %. La razón de la disminución en el valor de contenido de humedad es la existencia de arena fina en el residuo de concreto que generalmente posee un área de superficie específica más baja en comparación con la arcilla. Se **concluyó** que la dosificación del 12 % de residuo de concreto reduce el valor del contenido de humedad y densidad seca máxima, el valor de CBR empapado del suelo durante 7 días incrementó hasta 6 veces si se compara con el suelo natural, el suelo estabilizado mejoró ya que el porcentaje de hinchamiento disminuyó a un tercio de su valor original y la presión de hinchamiento se redujo a la mitad de su valor original después de agregar 12% de residuo de concreto.

En artículos en otros idiomas tenemos: Datta, S. y Mofiz, S. A. (2021), tuvo como **objetivo** mezclar con pocas dosis de residuo de concreto para mejorar las propiedades geotécnicas de suelos débiles. Fue una investigación con **metodología** tipo aplicada - experimental. La **población** es la carretera Godagari del distrito de Rajshahi. Los **resultados** indicaron al adicionar dosificación de 30%, 50% y 70% de residuo de concreto tuvo los resultados de 18.90%, 19.10% y 19.31% respectivamente, respecto al CBR al incorporar residuo de concreto al suelo sin remojar los resultados fueron 10.07, 12.69, 14.98 respectivamente y remojado 8.69, 11.41, 13.81. con 30% de suelo, se incrementó la máxima densidad seca (MDS) de la muestra de suelo de 18.53 kN/m² a 19.31 kN/m². Se **concluyó** que se incrementó la máxima densidad seca (MDS) de la muestra del suelo de 18.53 kN/m² a 19.31 kN/m² al adicionar residuo de concreto reduciendo los vacíos del suelo y siendo este más conservador, el incremento del valor de rigidez de la subrasante fue de CBR 9.34 a 14.98 implica un incremento en el límite portante que faculta el plan de capas de calzadas con espesores más bajos sin impactos antagónicos en la capacidad subyacente del diseño del pavimento; esto provoca una disminución considerable en el gasto. Se descubrió que la medida ideal de agregado era del 70%.

Pratik, Patil et al. (2021), el **objetivo** de la investigación es aprovechar los residuos de concreto obtenidos de losas de un edificio para mejorar la fuerza de un suelo débil arcilloso. La **metodología** es tipo aplicada - experimental. La **población** está conformada por el suelo arcilloso Rachannawadi, Taluka: Chakur, Distrito: Latur, muestra 200 kg de suelo húmedo. Los **resultados** fueron que después de realizar varias pruebas con diferentes proporciones de residuos de concreto 0%, 5%, 7.5%, 10%, 15%, 20%, 25%, 30% se observó que se elevó la rigidez de la subrasante y el valor es máximo cuando el reemplazo del suelo sería el 10%. El valor de rigidez de la subrasante aumenta en 26,49 % al 10 % de reemplazo, aumentó un 3,52 % al 15 % reemplazo, disminuyó en un 9,64% al 20% de reemplazo, disminuyó en 61.897 al 30% de reemplazo. Por lo tanto, la tensión máxima del desviador para suelo puro aumentó de 125,66 Kg/cm² a 158,95 Kg/cm² para suelo con la dosificación 10%. Se **concluyó** que para estabilizar el suelo la dosificación

conveniente es la incorporación de 10% de residuos de concreto al suelo arcilloso ya que aumenta en 26,49% la rigidez de la subrasante.

Ali, Ahmed and Tobeia, Sameh (2022), tuvo como **objetivo** investigar el efecto del agregado de residuo de concreto para ser utilizado en estabilización de subrasantes débiles. La **metodología** es tipo aplicativa - experimental. La **población** es la carretera de la provincia de Karbala y se realizaron pruebas físicas para investigar las diferentes caracterizaciones del suelo. Los **resultados** obtenidos al agregar residuo de concreto en un 5%, 10% y 15% fueron de 33%, 67% y 80% respectivamente (5,10 y15%). Se **concluyó** que, la rigidez de la subrasante se eleva con las dosificaciones de 5%, 10% y 15%, se incrementó la capacidad portante a 33%, 67% y 80% respectivamente. Debido a la naturaleza sólida del residuo de concreto, la rigidez del suelo mezclado aumenta y se encontró que SRR era 0.083 a H= 1.5D y un contenido de RCA de 15%.

Teorías

Variable Independiente: Residuos de Concreto

Residuos de Concreto

En cuanto a los residuos de concreto, indica la importancia de las siguientes teorías:

- a) economía circular tiene como objetivo terminar el ciclo por el cual atraviesan los materiales y disminuir la cantidad de desperdicios, fomenta el reciclaje y la práctica de reutilizar los materiales sobrantes de las construcciones, como el concreto y poder utilizar el material más tiempo;
- b) valorización de residuos, establece la forma en cómo aprovechar los residuos y sean recursos valiosos, busca poder reutilizar estos residuos de concreto como agregado reciclado y utilizarlos en nuevas obras de construcción, de esa manera evitamos el incremento de explotación de canteras extrayendo y procesando material;
- c) el diseño para el reciclaje se centra en el diseño de materiales y productos para que su proceso de reciclaje sea más fácil al terminar su vida útil, respecto al concreto se refiere a la facilidad de recuperar los componentes que posee, para luego ser reutilizado en nuevos proyectos;
- d) la administración sostenible de residuos de construcción y demolición (RCD) tiene una

visión integral y también en la planificación para su respectiva gestión de residuos de concreto, comprende ejecutar reglamentos para fomentar la práctica del reciclaje, reutilizar los residuos así mismo la correcta eliminación de manera responsable con el medio ambiente, la reducción de residuos previene la generación de las mismas desde el momento inicial, llevando a cabo prácticas eficientes de construcción y reducir los desechos durante la mezcla del concreto.

Reciclado

En relación con el reciclado indica la importancia de las siguientes teorías: a) jerarquía de residuos, presenta una mejora de la gestión de residuos, dando prioridad a las de menor impacto; b) diseño para el reciclaje esta teoría diseña productos con el fin de que sean más fáciles de reciclar cuando hayan cumplido su vida útil; c) responsabilidad extendida del productor (REP) busca que los productores diseñen productos aún más sostenibles, que sean fáciles de reciclar y asumir la responsabilidad economía; d) simbiosis industrial la misma ve que las empresas y comunidades aprovechen los productos y residuos del otro, es decir realizar un intercambio de recursos y minimizar de esa manera la dependencia de extraer recursos naturales.

Dosificación

En relación a la dosificación se tiene las siguientes teorías: a) método de diseño estadístico, nos permite establecer las proporciones adecuadas de los elementos que conformaran la mezcla, se aplican métodos de diseño experimental factorial y diseño de mezclas para realizar ensayos y analizar los resultados; b) estudio de componentes, evalúa la relación entre las variables de los componentes de la mezcla así también como sus propiedades, esta teoría identifica los componentes principales los cuales causan que los datos tengan una gran variedad y lo utiliza para definir la proporción adecuada de los elementos. Además, existe teorías estadísticas como la regresión múltiple la cual modela la relación de las variables de los componentes y propiedades que tiene la mezcla, así permite determinar las proporciones adecuadas en relación con las propiedades que se desea obtener, también presentamos los métodos de optimización los cuales emplean técnicas de

optimización matemática para determinar las proporciones adecuadas de los componentes de la mezcla.

Variable Dependiente: Rigidez de la subrasante

Subrasante

En relación con las teorías de la subrasante, tenemos las siguientes teorías: a) teoría del esfuerzo repetido, la misma que plantea de que el tráfico aplica muchas cargas que son constantes y genera los esfuerzos que con el tiempo causan las deformaciones en los pavimentos y subrasantes; es decir, que para evitar la deformación y fallas en los pavimentos la subrasante debe contar con una capacidad de soporte a cargas, lo suficiente para poder resistir los esfuerzos que genera el tráfico, así también la teoría del análisis del esfuerzo y la deformación evalúa la reacción del pavimento y la subrasante al aplicarse cargas, se aplican metodologías como la de elementos finitos para estudiar y analizar como los esfuerzos se distribuyen así como las deformaciones que se dan en la subrasante, el CBR (California Bearing Ratio) se refiere a la capacidad portante que tiene la subrasante y es utilizada para evaluar la resistencia.

Rigidez

En relación con las teorías de la rigidez tenemos las siguientes teorías: a) teoría elástica lineal, la misma sostiene que el suelo actúa de forma lineal y elástica (ley de Hooke), de acuerdo con esta teoría la rigidez se define por el módulo de elasticidad (E) y el coeficiente de Poisson (ν), estos valores nos ayudan al cálculo de la deformación de suelo y como resiste a las deformaciones; b) teoría de consolidación analiza la rigidez del suelo durante el proceso de consolidación, la ley de Terzaghi indica que la consolidación se da cuando el agua es expulsada por los poros del suelo; c) teoría de resorte de Winkler nos permite analizar como el suelo responde ante una carga estructural superficial como una cimentación, también estudia como una serie de resortes elásticos en una estructura, la rigidez se simboliza con la constante de resorte (k) y explica cómo reacciona el suelo frente a una carga; d) teoría de límites también llamada teoría de estado crítico estudia el comportamiento de los suelos formados por arena o grava, se centra en la idea de

que estos suelos consiguen un estado crítico de equilibrio al estar en su límite de deformación, la rigidez tiene como parámetros el ángulo de fricción (ϕ) y la presión intersticial (u).

Propiedades físicas y mecánicas

Respecto a las propiedades físicas y mecánicas tenemos las siguientes teorías: a) mecánica de suelos estudia la reacción del suelo frente a las cargas y la deformación nos brinda un marco conceptual para comprender las propiedades del suelo (propiedades físicas y mecánicas); b) estado crítico se aplica a suelos de material granular y se centra en que estos suelos llegan a entrar en un estado crítico referente al equilibrio cuando llegan al límite de deformación y colapso, nos ayuda a comprender el comportamiento de estos suelos respecto al ángulo de fricción, densidad relativa y cohesión; c) teoría de consolidación es aquella que analiza la rigidez del suelo durante el proceso de consolidación, la ley de Terzaghi indica que la consolidación se da cuando el agua es expulsada por los poros del suelo; d) teoría de esfuerzo efectivo se utiliza para poder analizar la reacción del suelo cuando se somete a una presión de agua en los poros; así mismo, refiere que las respuestas del suelo dependen del esfuerzo efectivo es la diferencia de la presión en los poros y el esfuerzo total, nos ayuda entender como la deformación y resistencia de suelo es afectada por el agua; e) la teoría de plasticidad estudia a los suelos cohesivos y sustenta que pueden presentar deformaciones plásticas, emplea definiciones de resistencia, plasticidad y límites de consistencia para poder explicar su comportamiento y su capacidad de soporte de cargas.

Enfoques conceptuales

Variable Independiente: Residuos de concreto

Residuos de concreto

Los residuos de concreto son aquellos sobrantes que se generan al terminar una construcción y demolición, se generan en varias etapas en la producción del concreto al demoler estructuras, entre otros. Estos residuos son trozos de concreto que pueden contener estructura metálica también arena, piedra y agua, los residuos

de concreto se consideran un subproducto en la construcción, por lo cual de no ser gestionado de manera adecuada tendría un impacto negativo en el ambiente, además de que incrementará el volumen de residuos en los vertederos. La gestión de los residuos de concreto adecuada conlleva a realizar el reciclaje y a reutilizar este material, estos pueden triturarse y procesarse para obtener agregados los cuales se utilizarían en fabricación de concreto en las bases de pavimentos o rellenos. El reciclaje además de que disminuye el volumen de desechos que se acumulan en los vertederos también nos ayuda a la conservación de agregados naturales.

El residuo de concreto es aquello que se genera después de la construcción, estos desechos se utilizan o se descartan e incluye el concreto que se derramó al realizar los trabajos de construcción. Por otro lado, el residuo de concreto endurecido proviene de la demolición y corte de estructuras, estos residuos pueden estar conformados con losas, hormigón, vigas y otros elementos que ya no serán necesarios. El manejo de residuos de concreto tiene una significativa importancia económica y ambiental, se ha buscado reciclar los residuos y no se desechen. El procedimiento adecuado de los residuos de concreto es crucial para el medio ambiente y la vista económica, la finalidad es reciclar o reutilizar en vez de llevarlos a vertederos donde serán desechados, además, podemos disminuir la generación de los residuos teniendo una mejor eficiencia de uso de concreto para minimizar el desperdicio.

Los residuos de concreto son desechos que se producen durante todas las actividades en los procesos de construcción, tanto como en demoliciones de edificaciones, estos residuos son definidos como residuos sólidos según la Ley N° 27314. Después de la demolición este material es llevado a DME (depósito de material excedente), también llamados botaderos, son lugares autorizados para depositar los desechos o sobrantes que se generan en las obras de manera que no afecte al medio ambiente mientras que hay otros lugares no autorizados. Estas áreas son clasificadas, identificadas e inspeccionadas, no deben ser ubicadas en zonas donde se encuentre restos arqueológicos, debe respetar una distancia adecuada a fuentes de agua para evitar contaminarlas. Una vez que el material sea

depositado este deberá ser compactado para que sea estabilizado y así evitar los deslizamientos. (Romero, 2019)



Figura 1. Depósito de Material Excedente.

Fuente: <https://geinnova.org/blog-territorio/gestion-residuos-contruccion-demolicion/>, Geinnova, 2018.

Dosificación

La dosificación es el proceso por el cual podemos establecer las proporciones o cantidades convenientes de todos los materiales o componentes que conformarán la mezcla. La dosificación tiene como objetivo elaborar una mezcla con composición óptima y equilibrada con el fin de cumplir con los requisitos que se desean obtener como por ejemplo sus propiedades (físicas, químicas y mecánicas). Unos beneficios de una buena dosificación es que mantiene un control del producto dosificado y mejora la mezcla siendo más homogénea. Se puede concluir que dosificar es realizar los cálculos de las cantidades que se necesitan para obtener una muestra con las características requeridas.

En diversos sectores laborales como la química, la farmacología, la construcción y la alimentación, la dosificación es una etapa importante para dar garantía a resultados controlados y consistentes; por ejemplo, en el ámbito de la construcción utilizamos en la dosificación para hacer los cálculos de las proporciones idóneas de principales materiales en mezclas de mortero, concreto y asfalto garantizando sus propiedades fundamentales como son la durabilidad, desempeño y resistencia. La dosificación tiene en consideración los estándares del proyecto, así como también los requisitos, las características de los elementos que se utilizan, normas y condición ambiental en la que se encuentra. Además de realizar ensayos para verificar que las dosificaciones sean las adecuadas.

Variable Dependiente: Rigidez de subrasante

Subrasante

La subrasante es la capa donde se construye el pavimento tiene como función principal brindar la estabilidad y rendimiento de la carretera debe ser capaz de resistir cargas pesadas, unas de sus características más importantes son su capacidad de carga y resistencia a la deformación de esa forma confiar su durabilidad. Antes de construir el pavimento es importante analizar el suelo y realizar pruebas para la evaluación de sus propiedades, esto nos ayuda a implementar tratamientos para su mejora antes de empezar la construcción como la estabilización, refuerzo o compactación. Es de suma importancia que la subrasante sea rígida para soportar las cargas que se apliquen a ella y así evitar deformaciones y asentamiento que puede dañar al pavimento.

La subrasante es la capa de suelo donde se va a construir un pavimento o carretera, esta capa se ubica por debajo de la base del pavimento. La subrasante tiene como objetivo ser un soporte estable y ser resistente a las cargas que van a actuar en la superficie del pavimento, debe distribuir de manera uniforme las cargas y resistir los esfuerzos que se dan por la humedad y expansión, la calidad de la subrasante es muy importante para la integridad de la estructura de una carretera, así mismo debe realizar pruebas y ensayos para evaluar las propiedades o características del suelo. En ocasiones, va ser necesario estabilizar o mejorar la subrasante antes de

la construcción del pavimento, se usa las técnicas como reemplazar el suelo deficiente, la compactación, uso de geo sintéticos o estabilizantes. Estas medidas aseguran que la subrasante cumpla con los requisitos de capacidad de carga y estabilidad para el funcionamiento adecuado del pavimento.

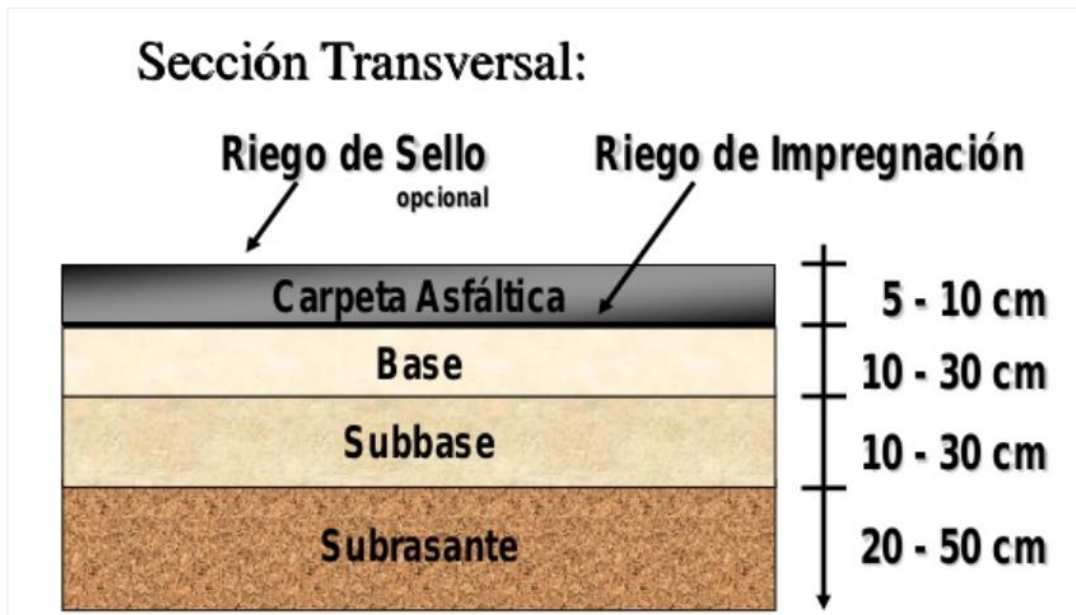


Figura 2. Estructura del Pavimento.

Fuente: <https://construneic.com/pavimentos/pavimento-flexible/>, Construneic, 2022.

Rigidez

La rigidez es la propiedad que mide la resistencia a cargas pesadas y evitar la deformación del material, es la capacidad para mantener su estado original o recurrar su estado después de aplicarse la carga. En la mecánica de materiales, la rigidez es la relación de la carga que se aplica al material y la deformación, matemáticamente la carga se representa (F) sobre la deformación (δ), y se representa con la constante de proporcionalidad " k ". La rigidez en un material también se ve relacionado con la elasticidad, es decir que puede deformarse de forma elástica y volver a su estado original cuando la carga ya no se aplica. Las estructuras dependerán de la rigidez de los componentes individuales, su forma y la distribución de cargas que se aplican. La medida de la rigidez es N/m o Pa, según el SI (Azaña Jhordy, 2017).

Propiedades físicas y mecánica

El suelo posee muchas propiedades físicas dentro de las cuales tenemos la textura que es la dimensión de las partículas de los suelos como arcilla, limo y arena. Sus proporciones de estas partículas determinan la textura que tiene el suelo, arcilloso, limoso, arenoso o su combinación, la segunda propiedad física es la estructura donde las partículas de los suelos se unen para formar los agregados, la estructura de los suelos va a influir en la permeabilidad, su resistencia y capacidad de retener agua, además presenta la propiedad de la porosidad que es la relación de vacíos del suelo el cual pueden ser ocupados por aire, agua u otros componentes, esta propiedad va a influir en la capacidad de retener agua, capacidad de drenaje y aireación del suelo, y la densidad que se expresa como la masa del suelo por su volumen, esta propiedad es fundamental para determinar la resistencia y compactación del terreno.

Las propiedades mecánicas son las facultades que tiene el suelo para poder resistir fuerzas de deslizamiento o corte. Esta propiedad es la principal para el diseño de estructuras de contención, cimentaciones y taludes, una propiedad mecánica es la compresibilidad que es la capacidad que posee el suelo para deformarse debido a cargas aplicadas, la compresibilidad va a influir en la capacidad del suelo como la consolidación de cimientos y asentamiento, así mismo el coeficiente de permeabilidad permite que el agua fluya a través del suelo, esta propiedad es importante para el drenaje y la infiltración en el suelo. El coeficiente de permeabilidad se considera una de las características de los suelos que permite el flujo de los fluidos a través de ellos (Ley de Darcy), esta característica de igual manera que el coeficiente de permeabilidad es importante para la infiltración del suelo y drenaje; por último, la propiedad del coeficiente de consolidación es la capacidad que presenta el suelo para luego ser compactado por las cargas que se aplican en ellos a medida que pasa el tiempo, esta propiedad es muy importante para predecir el asentamiento y el diseño de cimientos.

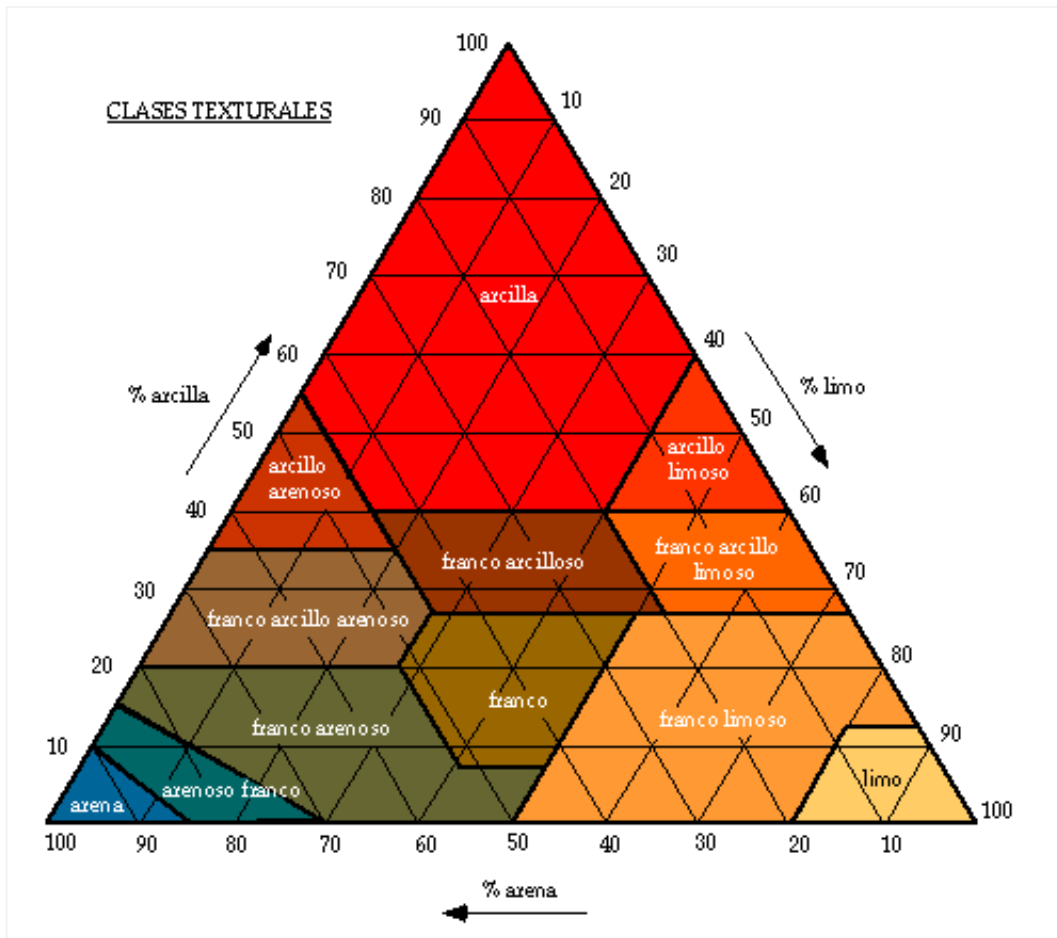


Figura 3. Triángulo Textural según clasificación USDA.

Fuente: <http://www.edafologia.net/introedatema04text.htm>, Edafología, 2022.

Relación de Soporte de California (C.B.R.)

El CBR se determina con un ensayo de laboratorio donde se estudia una muestra del suelo compactada a una carga estática y se mide la capacidad portante, se realiza comparando la presión que se necesita para penetrar la muestra de suelo y el material de referencia usualmente es arena compactada y mezcla de grava. El resultado de este ensayo se expresa con porcentaje (%) y su cálculo es la carga necesaria para penetrar un suelo dividida por la carga que se requiere para penetrar el material. El valor de CBR obtenido del suelo es un indicador de la capacidad de carga en relación con el material de referencia, el cual analiza la calidad de un pavimento.

El ensayo de C.B.R. es una evaluación del suelo donde obtenemos la resistencia de las tres capas del suelo del diseño de pavimentos, se realiza controlando los resultados de humedad y densidad. Es importante realizar esta prueba antes del diseño y construcción de carreteras, los valores del ensayo CBR se determina según el tipo de suelo, un CBR alto indica una mayor resistencia y capacidad de soporte, es decir que el suelo es tiene la capacidad de resistir cargas pesadas y no se deformara de manera excesiva. En otros casos, un CBR bajo indica una menor resistencia y capacidad de soporte, lo cual requiere adicionar medidas como la estabilización de la subrasante. (Manual Ensayo de Materiales, 2016)

Tabla 1. Categorías de Sub rasante.

Categorías de Sub rasante	CBR
Sub rasante Inadecuada	$CBR < 3\%$
Sub rasante Insuficiente	$3\% \leq CBR < 6\%$
Sub rasante Regular	$6\% \leq CBR < 10\%$
Sub rasante Buena	$10\% \leq CBR < 20\%$
Sub rasante Muy Buena	$20\% \leq CBR < 30\%$
Sub rasante Excelente	$CBR \leq 30\%$

Fuente: Sección Suelos y Pavimentos del MTC, 2014, p.37.

Límites de Consistencia

El límite líquido (LL) se encarga de estimar el valor del contenido de humedad cuya unidad es el porcentaje (%). El límite plástico (LP) es el porcentaje de agua más bajo del suelo y se puedan elaborar barras pequeñas de 3.2 mm de diámetro el cual rueda entre vidrio esmerilado y la palma de las manos (%). Así mismo el índice plástico es la diferencia entre ambos valores, cuando no es posible obtener el valor de ambos limites se considera no plástico NP así también si el Limite plástico resulta mayor al límite líquido. (Manual Ensayo de Materiales, 2016)



Figura 4. Cuchara de Casagrande.

Fuente: https://es.wikipedia.org/wiki/Cuchara_de_Casagrande, Wikipedia, 2019.

Según la norma de Ensayo de Materiales de Carreteras los límites de Atterberg son propiedades del suelo e indican su reacción frente a la deformación y agua considerados para clasificar los suelos de acuerdo con uso plasticidad y cohesión. El límite líquido (LL) es un ensayo en el cual se estima el contenido de humedad, se establece realizando el ensayo de Casagrande donde se estima el número de golpes de los cuales son necesarios para cerrar las ranuras del suelo, el límite líquido es un indicador de la plasticidad, su capacidad para variar de forma y no romperse. El límite plástico (LP) es un indicador de la cohesión de los suelos, es el contenido de humedad que se transforma de estado sólido a semisólido, se establece con el ensayo de Casagrande, el cual mide los golpes necesarios para enrollar la muestra en forma de hilo que tenga un diámetro de 3 mm. El índice de plasticidad (IP) es el resultado obtenido de la diferencia de ambos límites que representa la gran amplitud de contenido de humedad.

Espesor de estabilización

Según las Especificaciones Técnicas del MTC la estabilización es un procedimiento esencial para hacer mejoras en las propiedades del suelo que cuentan con una baja resistencia, por el cual se mezcla con diferentes tipos de suelo y aditivos químicos naturales o sintéticos, es fundamental conocer las propiedades de los materiales que se incorporan al suelo poder obtener resultados favorables y conservar de las propiedades mejoradas en el tiempo, para el cálculo de espesor de estabilización se considera el material a incorporar y el tipo de carretera, cualquier mecanismo de estabilización que se utilice debe complementarse con un proceso de compactación. (MTC, 2013)

La estabilización del suelo se ejecuta en la mayoría de los proyectos viales, en términos generales todos los tipos de estabilización de suelos se clasifican en dos grupos, la estabilización química y estabilización mecánica. En la estabilización mecánica el suelo cambia de clasificación al mezclarlos con otros suelos de grados diferentes, de ser así se logra la compactación de la masa. La estabilización química se relaciona con la variación de sus propiedades del suelo debido a la incorporación de elementos químicos activos. La estabilización de los suelos es importante porque nos ayuda a entender las propiedades que tienen los materiales que logran conformar la mezcla y los resultados que se obtienen después de la mezcla; así mismo es fundamental ver la reacción que presenta el material después de ser estabilizado, es necesario la evaluación de los efectos del proceso sobre las estructuras; por lo tanto, se pueden decidir sobre la selección de materiales y la dosis adecuada. (Rivera, 2020)

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación

Manual Frascati (2015), la investigación aplicada son trabajos originales el cual se realizan para obtener conocimientos nuevos; sin embargo, se enfoca especialmente hacia propósitos y objetivos prácticos, también se centra en determinar los resultados de la investigación básica para sus usos, o para disponer nuevas formas o métodos para lograr objetivos específicos preestablecidos. La presente tesis se considera tipo aplicada pretende resolver problemas técnicos en relación con la estabilización de suelos utilizando residuos de concreto con la finalidad de generar conocimiento valido y confiable que sea un aporte a la comunidad de Ingeniería.

Enfoque de investigación

Rodríguez Yaniris (2020), el enfoque de investigación cuantitativa se encarga del análisis de los datos numéricos, delimitar los aspectos de las investigaciones consecuentes y así poder dar respuestas confiables con validez a las hipótesis planteadas, su objetivo es el desarrollo y empleo de los modelos matemáticos que se relacionen con los fenómenos. La presente tesis se considera el enfoque cuantitativo debido a que analizan los datos numéricos obtenido de los resultados los cuales se encargan de responder las preguntas y poder validar las hipótesis planteadas.

Diseño de investigación

Rodríguez Yaniris (2020), el diseño de investigación experimental controla y predice la variable de esa manera se analizan las consecuencias. Es toda investigación que se lleva a cabo mediante métodos científicos de un fenómeno para poder determinar efectos y causas. La tipología cuasi-experimental nos permite manipular la variable independiente así ver el efecto que va a causar sobre las variables dependientes. La presente tesis se considera diseño experimental dado que se quiere conocer los efectos que causa la incorporación de los residuos de concreto del suelo de fundación (causa-efecto).

Nivel de investigación

Condori Ojeda (2020), el nivel de investigación explicativo se encarga del conocimiento que se tiene previamente sobre el problema también se encarga en la explicación de los factores que provocan en la investigación. La presente tesis se considera el nivel explicativo por lo que se utiliza las teorías y se realizó procedimientos vinculados con el estudio dando una explicación técnica de la influencia que causa los residuos de concreto sobre mejoramiento de propiedades del suelo de fundación.

3.2 Variables y operacionalización

Variable Independiente: Residuo de Concreto

Definición Conceptual

El residuo de concreto son materiales provenientes de demoliciones de edificaciones, pavimentos que contienen estructuras y elementos que están elaborados por concreto, también puede ser de concreto sobrante en los procesos de construcción donde se considera como residuos.

Definición Operacional

Esta variable se encarga de la muestra de dosificación que se añadirá en un porcentaje de 5%, 10% y 15% de residuos de concreto en los ensayos de laboratorio.

Variable Dependiente: Rigidez de la Subrasante

Definición Conceptual

La rigidez es la encargada de medir la resistencia a deformaciones elásticas que genera un material, es una medida cuantitativa que mide la capacidad que tiene una estructura para soportar esfuerzos sin que consiga deformarse.

Definición Conceptual

Esta variable se encarga de incrementar la capacidad portante y de igual manera disminuir la plasticidad y humedad de la subrasante.

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Lerma Héctor (2016), la población se conforma por elementos que son de una misma especie los cuales presentan una misma definición de los cuales se van a estudiar sus características y relaciones. En la presente tesis se considera como población el tramo de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI del Km 0+000 al Km 3+000 del departamento de Moquegua.

Muestra

Lerma Héctor (2016), la muestra se conforma del subconjunto de la población, por ellos de las variables se calculan los valores apreciados de las mismas acerca de la población. La muestra de la presente tesis es el tramo del Km 0+500 al Km 1+500, la muestra se delimitó dado que es representativa de la población de una misma tipología de suelo.

Muestreo

Lerma Héctor (2016), el muestreo selecciona los elementos de la población para hacer los cálculos y poder determinar con probabilidad los parámetros o datos poblacionales. El muestreo del grupo no probabilístico se encarga que las muestras de recojan en el proceso y esto no se brindan a todos los individuos de la población. La presente tesis considera como muestreo no probabilístico ya que la muestra que se seleccionó del suelo de la subrasante que se tomó al criterio y a conveniencia del quien investiga.

Unidad de análisis

Toledo (2016), la unidad de análisis de un individuo u objeto debe tener la información, cada unidad de análisis cumple con los parámetros muestrales. La

presente tesis se considera como unidad de análisis a las muestras obtenidas del suelo a lo largo del tramo de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI del departamento de Moquegua.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Arias (2006), la técnica recolección de datos lograr adquirir información o datos que son específicas para complementar, de los cuales se tiene como técnicas: observación directa, encuesta, revisión documental y entrevista. El método de observación directa reside en obtener mediante la visualización, diferentes situaciones o hechos que se origina en la sociedad y naturaleza, dependiendo de los objetos de la investigación. El método de revisión documental se encarga de la revisión y registro de documentos que se encargan del desarrollo para todo paradigma de la investigación. La presente tesis se considera grupo observación directa, de los ensayos se visualiza el comportamiento y se determinará las respuestas a las preguntas.

También se consideró la técnica recolección de datos el grupo de revisión documental debido a que se realizó búsquedas de información y se utilizó reglamentación necesaria, la reglamentación que se utilizo es del Ministerio de Transporte y Comunicación (MTC) de los ensayos E 107, E 110, E 111, E 115 y E 132.

Instrumentos

Luz, Mendoza y Ávila (2020), los instrumentos de recolección de datos son documentos y datos que otorgan confiabilidad, deben estar validados, por si una de estas demandas no se cumple, los instrumentos no serán útiles y los resultados no se considerarán confiables. La presente tesis consideró como instrumentos recolección a los ensayos de laboratorio, ficha, formatos para conseguir la información requerida para la investigación.

Validez

Medina Miguel, Rojas Cevero, Bustamante Wilber, Loaiza Raquel, Martel Christian, Catillo Roxana (2023), la validez del instrumento de investigación comprende a la capacidad que tienen un instrumento para medir y elaborar resultados confiables y precisos, los resultados que se obtuvieron de un instrumento no válido pueden suelen ser no precisos y confiables, por ello, es de suma importancia evaluar la efectividad de un instrumento antes de utilizarlo en la investigación. La presente tesis se consideró de validez de los instrumentos con la ayuda de profesionales con trayectoria de diseño de la infraestructura vial que dieron su aprobación para la aplicación de las fichas de observaciones necesarias, el proceso se llama juicio de expertos, los instrumentos son evaluados por cada uno de los investigadores capacitados en la materia que van a calificar el potencial del valor de la variable que se va a medir.

Tabla 2. *Juicio de Expertos.*

N°	Cargo	Apellidos y Nombres	Validez
1	Asesor de Tesis	Mg/Dr. Olarte Pinares, Jorge Richard	0.85
2	Tecnico de Laboratorio	Pari Nina, German	0.80
3	Jefe de Laboratorio de Suelos	Ing. Chuquimia Ayma, Ronald Roy	0.85

Fuente: Propio.

Confiabilidad de los instrumentos

Medina Miguel, Rojas Cevero, Bustamante Wilber, Loaiza Raquel, Martel Christian, Catillo Roxana (2023), la confiabilidad de un instrumento es la medida de su consistencia y estabilidad, esto se refiere a la capacidad de un instrumento en rendir resultados consistentes y precisos cada vez que se utiliza en condiciones similares, los resultados obtenidos a partir de un instrumento no confiable pueden ser inconsistentes. La presente tesis consideró la interpretación de los valores y nivel de confiabilidad, todo lo que se obtiene mediante los rangos y la magnitud que se conseguirán de la confiabilidad.

De esa manera se considera la siguiente tabla:

Tabla 3. Coeficiente de Confiabilidad del Instrumento.

Rangos	Magnitud
$X \leq 0,53$	Validez Nula
$0,54 \leq X \leq 0,59$	Validez Baja
$0,60 \leq X \leq 0,65$	Validez
$0,66 \leq X \leq 0,71$	Buen Validez
$0,72 \leq X \leq 0,99$	Excelente Validez
1,0	Validez Perfecta

Fuente: https://armypubs.army.mil/epub/pdf/web/tm5_626.pdf, Unsurfaced Road Maintenance Management, 1995.

3.5 Procedimientos

Los procedimientos para realizarse de la tesis titulado “Mejoramiento de propiedades del suelo de fundación de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI usando residuos de concreto de la región de Moquegua” se desarrolla en diferentes etapas.

Reconocimiento del Tramo de Estudio

Se reconoció del tramo del estudio en el cual se realizó la investigación, el cual comprende desde la avenida Villa Libertad hasta Promuvi XI, el total esta carretera es de 3 km de longitud, por ello la muestra elegida fue de las progresivas km 0+500 al km 1+500 esta muestra se eligió dado que presenta a un sector homogéneo representativo de toda la población en estudio, a continuación se muestran fotografías digitales de ubicación y vistas panorámicas de la avenida en su actual situación.



Figura 5. Longitud de la Carretera Villa Libertad – Promuvi XI.

Fuente: Google Earth, 2024.



Figura 6. Visita de la Carretera Villa Libertad – Promuvi XI.

Fuente: Propio.

Recolección de Muestras

Recolección de Suelos de Subrasante

Según indica el manual de Carreteras Suelos, Geología y Pavimentos del MTC (2014), clasificando a la vía como Carretera Segunda Clase, con un IMDA que está entre los valores 2000-401 veh/día. Para fines de recolección de muestras se ejecutó excavaciones a cielo abierto, en total 3 calicatas por Km con altura de 1.5 m aproximadamente con respecto del nivel de la subrasante, las ubicaciones elegidas fueron las progresivas 0+500, 1+000 y 1+500 km.



Figura 7. Excavación Calicata 1.

Fuente: Propio.



Figura 8. Excavación Calicata 2.

Fuente: Propio.



Figura 9. Excavación Calicata 3.

Fuente: Propio.

Tabla 4. Ejecución de Calicatas.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número Mínimo de Calicatas	Observación
AUTOPISTAS: Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	* Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido * Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido * Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
CARRETERAS DUALES O MULTICARRIL: Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	* Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido * Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido * Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido	
CARRETERAS DE PRIMERA CLASE: Carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	* 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE: Carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	* 3 calicatas x km	
CARRETERAS DE TERCERA CLASE: Carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	* 2 calicatas x km	
CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO: Carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de subrasante del proyecto	* 1 calicata x km	

Fuente: Sección Suelos y Pavimentos del MTC, 2014, p.30.

Muestreo de Suelo

Según American Society for Testing and Materials la norma ASTM D420-98 (2003), el muestreo a realizar la extracción según el tamaño de las muestras del suelo para suelos finos se necesita entre 20 kg - 40 kg de muestra, se debe colocar dentro del contenedor una etiqueta de identificación, cerrarla para protegerla de la manipulación brusca y pérdida de humedad. La muestra levantada en campo debe tener una descripción de las muestras tomadas, después se trasladó las muestras al laboratorio en el tiempo requerido.



Figura 10. Extracción de la Muestra del Suelo.

Fuente: Propio.

Cuarteo según Norma

Según la Norma MTC E 103, indica que el cuarteo que realicemos de la muestra se obtuvo al juntar las tres muestras de las calicatas realizadas en campo, esto se debe a que cumplían con las mismas características y condiciones, la muestra que se obtiene se denominó muestra patrón y se pasa por método del cuarteo. Primero

se va a colocar la muestra sobre una bandeja de dimensiones mayores, para que de esa manera se evite tener derrames o combinación con otras muestras. Después se procede a mezclar la muestra y así poder formar un cono dentro de la bandeja, se va repitiendo el mismo proceso tres veces, al obtener la forma del cono final se procede a aplastar hasta formar un círculo en la bandeja, el grosor de ellos debe ser considerable. Luego se procede a dividir la muestra en forma circular en partes iguales y separarlos cuidadosamente con una brocha sin que quede material en el intermedio.

Materiales:

- Un cucharón metálico
- Pala
- Bandeja
- Brocha



Figura 11. Cuarteo del Suelo.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.24.



Figura 12. Cuarteo de las Muestras de las Calicatas 1, 2 y 3.

Fuente: Propio.

Recolección de Residuo de Concreto

Se visitó el Depósito de Material Excedente (DME) del Distrito de Ilo ubicado en la Carretera Interoceánica Sur donde se encuentran residuos de concreto procedente de las demoliciones. Se empezó con la recolección de las muestras que son de residuos de concreto con el EPP de seguridad necesarios para el trabajo, la cantidad de la muestra extraída fue de 30 kg almacenada en baldes para que no pierdan sus propiedades y fueron transportados al laboratorio.



Figura 13. Ubicación del Depósito de Material Excedente (DME).

Fuente: Google Earth, 2024.



Figura 14. Visita del DME.

Fuente: Propio.



Figura 15. Extracción de Residuos de Concreto.

Fuente: Propio.

Caracterización de los materiales

Caracterización de Suelos

Para la siguiente investigación se realizó tres excavaciones al tener la misma clasificación de suelos, se decidió hacer un solo cuarteo de las tres calicatas. A continuación, se realizó los ensayos de laboratorio correspondientes que son los siguientes:

Tabla 5. *Ensayos a realizar en Laboratorio.*

Ensayo de Laboratorio	Norma
Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	MTC E107-ASTM D 422
Determinación del Contenido de Humedad	MTC E108-ASTM D2216
Límites Líquido	MTC E110-ASTM D4318
Límites Plástico	MTC E111-ASTM D 4318
Ensayo de Proctor Modificado	MTC E115-ASTM D1557
CBR de suelos	MTC E132-ASTM D1883

Fuente: Propio.

Análisis Granulométrico

Según la norma MTC E107- ASTM D 422 este ensayo define los porcentajes de muestras que pasen por los tamices hasta la malla N° 200. Primero se cuarteo la muestra del suelo previo secado al aire libre. Después, se pesa y se lleva al horno por 24 horas, después se pasa por el tamiz N° 4 hasta el N° 200 evitando el rozamiento con el tamiz para que de esa manera no pierda partículas mayores a 0.074mm. Luego se procede a secar la muestra a 110°C de temperatura durante 24 horas, transcurriendo el tiempo se espera el enfriamiento y se pesa para poder obtener el peso en seco al horno termostático. Finalmente se realiza el tamizado en seco del cual se tiene cuidado para no poder perder material mientras se haga el zarandeo y por último se procede a pesar las muestras que estén retenidas en

cada tamiz. Teniendo el peso que queda retenido en diferentes tamices se procede a utilizar la ecuación de porcentaje retenido.

De los datos adquiridos se halla el porcentaje retenido de la muestra que logre pasar por cada tamiz, haciendo uso de la ecuación:

$$\% \text{Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Figura 16. Ecuación de Porcentaje Retenido.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.47.

También se halla el porcentaje retenido acumulado de la muestra que logre pasar por cada tamiz, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\% \text{Retenido Acumulado} = \% \text{Retenido Anterior} + \% \text{Retenido}$$

Figura 17. Ecuación de Porcentaje Retenido Acumulado.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.47.

También se halla el porcentaje que pasa, restando el 100% de los porcentajes retenidos en cada tamiz, haciendo uso de la ecuación:

$$\% \text{ Que Pasa} = 100 - \% \text{Retenido Acumulado}$$

Figura 18. Ecuación de Porcentaje Que Pasa.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.47.

En algunos casos especiales se va a utilizar el porcentaje que logre pasar por el tamiz N° 200, haciendo uso de la ecuación:

$$\%Pasa\ 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

Figura 19. Ecuación de Porcentaje Que Pasa el Tamiz N°200.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.47.

Ya con todos los datos que se va a obtener con todas las fórmulas se procede a hacer en escala Logarítmica el grafico de la Curva Granulométrica.

Materiales:

- Tamices
- Envases
- Brochas

Equipos:

- Balanza
- Horno de Secado



Figura 20. Materiales para la Granulometría.

Fuente: Propio.

Tabla 6. Tamices

Tamices	Abertura (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅜"	9,500
N°4	4,760
N°10	2,000
N°20	0,840
N°40	0,425
N°60	0,260
N°140	0,106
N°200	0,075

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.44.



Figura 21. Tamizado en Laboratorio.

Fuente: Propio.



Figura 22. Granulometría de la muestra patrón.

Fuente: Propio.

Contenido de Humedad

Según la norma MTC E108 - ASTM D2216 el presente ensayo determina el peso del agua que se va eliminando al momento de secar la muestra en un horno con temperaturas de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$. Primero, se toma una muestra para el estudio en una cantidad de 20 gr con sus datos iniciales de la muestra anotados, se toma un envase limpio y seco para poder registrar con una codificación de esa manera evitar la mezcla con otros especímenes. Luego se coloca la muestra en el envase codificado y se registra el peso haciendo uso de una balanza. Después se pone la muestra codificada al horno por un tiempo de 24 horas para obtener una masa invariable manteniendo el seco del horno. Por último, de haber terminado las 24 horas se procede a la espera del enfriamiento para poder ser manipulado de manera cómoda y segura. Finalmente, se registra el peso de la muestra codificada salida del horno.

Teniendo el peso de las muestras se procede a hallar el contenido de humedad, haciendo uso de la ecuación:

$$W = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso del Suelo Secado al Horno}} \times 100$$

Figura 23. Ecuación de Contenido de Humedad.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.52.

Equipos:

- Horno Secado
- Balanza

Materiales:

- Recipientes
- Guantes
- Sujetador

Límite Líquido (LL)

Según la norma MTC E110 – ASTM D431 en este ensayo forma parte de distintos sistemas de clasificación de esa manera poder calificar las partes de grano fino en el suelo y definir las partes de los materiales. El límite líquido disminuye cuando el suelo está sometido al secado del horno y esa comparación se usa como medida específica de contenido de materia del suelo. Primero, se selecciona la muestra en una cantidad de 150 a 200 gr para pasar por la malla N° 40, colocando en una vasija de evaporación de esa manera poder añadirle unas pequeñas gotas de agua destilada, esperando a que se humedezca y con una espátula se procede a mezclar hasta poder llegar a muestra uniforme. Luego en la copa Casagrande la muestra se va colocando en el punto de la base de esa manera distribuyendo con la espátula hasta obtener la profundidad de 10mm en el fondo y haciendo la presión para evitar dejar espacios vacíos o burbujas, también se toma en cuenta la altura de un 1 cm para la calibración de la caída de la copa. Por último, utiliza un acanalador pasando del centro de la muestra y poder córtala por la mitad, se procede a dar vueltas a la manivela con una velocidad que genere 2 golpes por cada segundo hasta llegar en contacto la base con las secciones en la longitud de ½ pulgada y procede cierra para poder dar registro a la cantidad de golpes. Finalmente, se tomará una parte de la muestra con un ancho aproximado de una espátula y ponerlo en el recipiente adecuado para poder llevarlo al horno de secado por un tiempo de 24 horas.

Teniendo el peso se halla el límite líquido de la muestra, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

$$LL = KW^n$$

Figura 24. Ecuación de Limite Líquido.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.70.

Tabla 7. Tabla A-1.

N (Número de Golpes)	K (Factor para el Límite Líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.71.

Equipos:

- Casagrande
- Recipiente
- Acanalador
- Horno de Secado
- Calibrador
- Balanzas

Materiales:

- Espátulas
- Tamiz N° 40
- Agua destilada

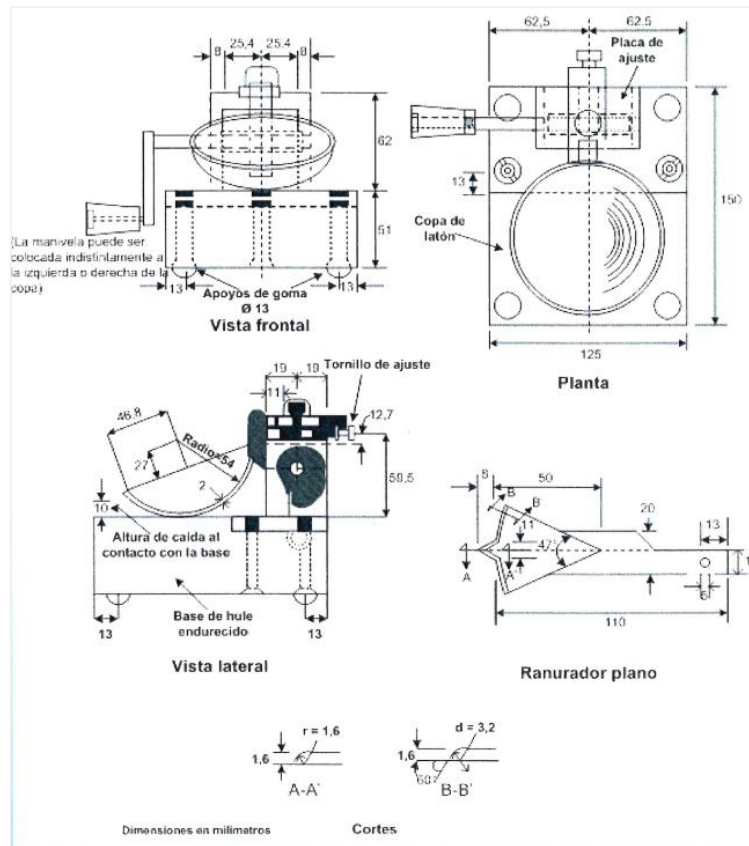


Figura 25. Aparato Manual del Límite Líquido.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.69.

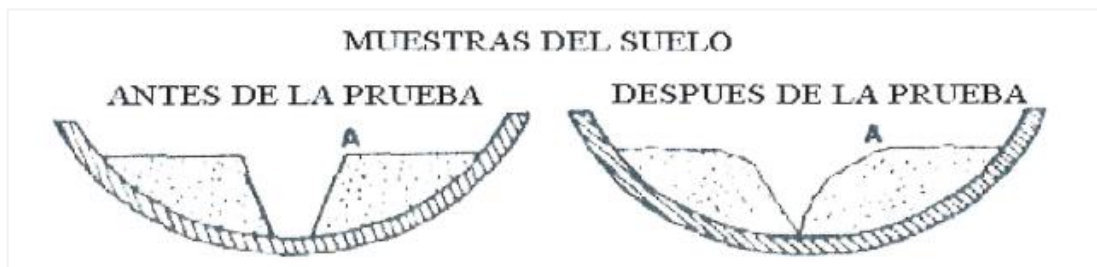


Figura 26. Muestra antes y después del Ensayo.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.69.



Figura 27. Casagrande.

Fuente: Propio.

Límite Plástico (LP)

Según la norma MTC E111 - ASTM D 4318 este ensayo forma parte de distintos métodos de clasificación en la ingeniería de esa manera poder clasificar las partes de grano fino en el suelo y detallar la parte de grano de los materiales. Evalúa el contenido de humedad natural del suelo de esa manera expresa su consistencia relativa. Primero, se selecciona la muestra en una cantidad de 20 gr para pasar por la malla N° 40, luego se coloca en una vasija de evaporación de esa manera poder añadir unas pequeñas gotas de agua destilada esperando a que se humedezca. Luego se amasa y se moldea hasta tener una forma elipsoide. Después, se rodarán con ayuda de las manos sobre una superficie plana y firme de esa manera poder formar cilindros de diámetro 1/8 pulgada y así seguir sucesivamente hasta que la muestra empieza a desmoronarse, cuando este el agrietamiento del cilindro colocando en un recipiente ya con un peso reconocido y procede a registrar el peso

una vez que el cilindro este agrietado. Finalmente, se coloca al horno de secado en una duración de 24 horas.

Seguidamente se repite dicho proceso para tener diferentes puntos de promedio de humedad en ambas determinaciones.

Por ello se define el promedio de humedad, haciendo uso de la ecuación:

$$LP = \frac{\text{Peso de Agua}}{\text{Peso de Suelo Secado al Horno}} \times 100$$

Figura 28. Ecuación de Limite Plástico.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.73.



Figura 29. Muestras de Limite Plástico.

Fuente: Propio.

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

Figura 30. Ecuación de Índice Plástico.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.73.

Proctor Modificado

Según la norma MTC E115 - ASTM D1557 determina la relación que hay entre Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua de los Suelos y se clasifica por métodos. Para este caso se utilizará el Método "C" que tiene un molde con un diámetro de 6 pulg y se tiene que emplear materiales que pasen por el tamiz $\frac{3}{4}$.

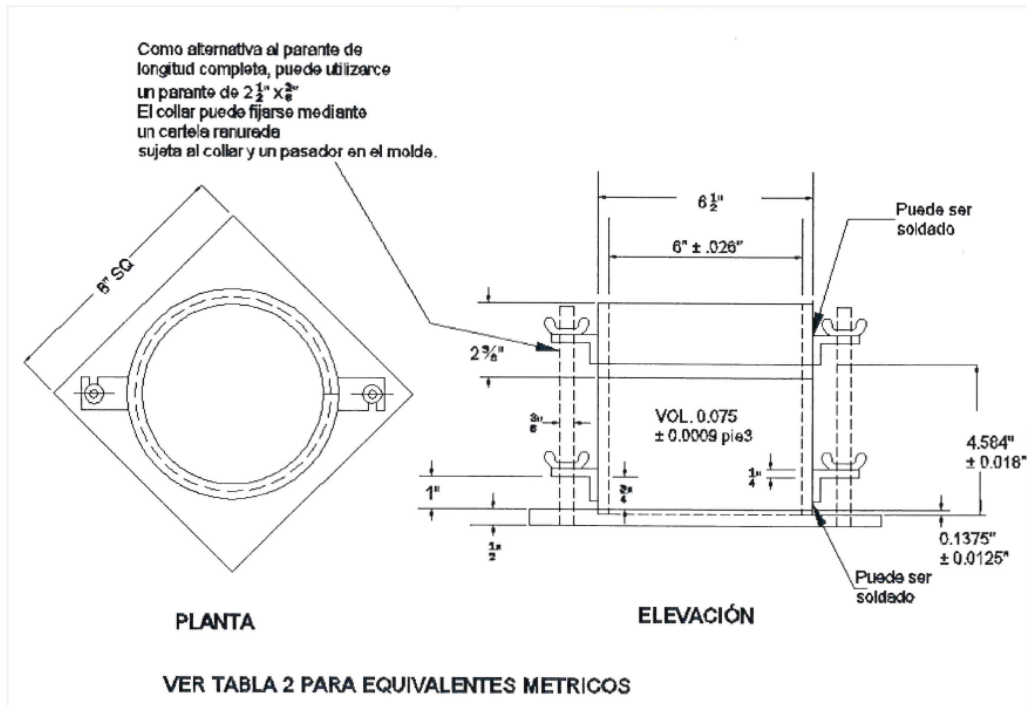


Figura 31. Molde de 6.0 pulg.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.117.

Primero se selecciona una cantidad de 30 kg para pasar por la malla N° 3/8, colocando en una vasija de evaporación de esa manera poder añadir una cantidad de 2% de agua esperando a que se humedezca para determinar las características del primer punto. Luego, se tiene que agregar una cantidad de 4% de agua esperando a que se humedezca para determinar las características del segundo punto. Después, se tiene que agregar una cantidad de 4% de agua esperando a que se humedezca para determinar las características del tercer punto hasta lograr obtener un material que pueda ser apretado con las manos sin que logre desmoronarse. Seguidamente, teniendo eso se procede a registrar el peso y se arma para realizar el proceso de compactación, también se engrasa el molde al interior y así evitamos que logre pegarse. Posteriormente, se procede a dividir el molde en 5 partes iguales y también se va a compactar de la misma manera por partes con la ayuda de un pistón manual generando 56 golpes a caída libre por capa realizando 25 golpes por minuto y de la misma manera se continua con las tres capas restantes, considerando que capa final debe de quedar por el collarín para que se utilizó la regla metálica. Por último, retirando la base se procede a registrar la muestra compactada adicionando el molde y lo llevamos al horno de secado para poder registrar el contenido de humedad. Finalmente, teniendo nuestros resultados se calcula.

Por ello se calcula la Densidad de Humedad, haciendo uso de la ecuación:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$$

Figura 32. Ecuación de Densidad Húmeda.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.112.

Tabla 8. Densidad del Agua.

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,98802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.116.

También se calcula la Densidad Seca, haciendo uso de la ecuación:

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Figura 33. Ecuación de Densidad Seca.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.112.

Y por último calculamos Peso Unitario Seco, haciendo uso de la ecuación:

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en } \text{lb}/\text{pie}^3$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{KN}/\text{m}^3$$

Figura 34. Ecuación Peso Unitario Seco.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.112.

Hallar el ploteo de saturación de la curva al 100% se selecciona los valores obtenidos correspondiente al contenido del agua de 100% de saturación, haciendo uso de la ecuación:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100$$

Figura 35. Ecuación de Contenido de Saturación.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.112.

Equipos:

- Ensamblaje de Molde de 6 pulgada
- Horno de Secado
- Balanza
- Pisón con 18 pulg de caída libre.

Materiales:

- Regla recta metálica
- Tamices
- Probetas
- Pipeta
- Fuente para la mezcla
- Mezclador
- Papel filtro



Figura 36. Compactación.

Fuente: Propio.



Figura 37. Pistón Manual.

Fuente: Propio.

California Bearing Ratio (CBR)

Según la norma MTC E132 - ASTM D1883 el ensayo determina la resistencia potencial que tiene la subrasante incluyendo los residuos de concreto para poder usar en pavimento. Los valores de CBR son de parte de diferentes métodos de diseño. Primero, tomamos toda la muestra pasará por el tamiz ¾" ya con la muestra obtenida se va a compactar sin ninguna modificación, si llega en un momento a existir material retenido se tiene que remplazar por el mismo material que se está perdiendo. Luego, de haber realizado el ensayo del Proctor Modificado los moldes que se compacta del contenido de humedad se prepara tres moldes de CBR por cada calicata que se realiza, se procede a colocar un disco de espaciador encima de la placa base del molde. Después, se tiene que realizar la compactación de cada uno de los moldes realizados con diferentes golpes de compactación, se considera la cantidad de 56, 25 y 12 golpes por cada capa que se va a realizar respectivamente. Seguidamente, de realizar la compactación, se procede a retirar la placa de base y a girar quedando un espacio para poner la sobrecarga, también se procede a colocar papel filtro sobre la parte superior del espécimen y se retira el collarín. Por último, de tener las muestras ya compactadas se procede a poner estanque con agua durante 4 días y después de ese tiempo se retira el molde dejándose secar en un tiempo de 15 minutos para poder retirar los discos que se utilizaron como capas superiores, se pesa y se lleva al equipo de CBR. Finalmente, se coloca el molde al centro de la prensa y se va ajustando el pistón hasta poder llegar a una deformación así obteniendo los valores finales.

Por ello se calcula la de Humedad de Compactación, haciendo uso de la siguiente ecuación:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Figura 38. Ecuación Humedad de Compactación.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.254.

Y, por último, se calcula la Expansión, haciendo uso de la ecuación:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127} \times 100$$

Figura 39. Ecuación de Expansión.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.255.

Tabla 9. Penetración.

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.254.

Equipos:

- Prensa para ensayos de compresión
- Desplazamiento entre el cabezal y la base
- Molde cilíndrico

- Disco espaciador
- Aparato medidor de expansión
- Placa perforada de metal
- Trípode
- Pesas anulares
- Pistón metálico
- Dos diales
- Tanque
- Estufa
- Balanzas
- Tamices

Materiales:

- Misceláneos
- Cuarteador
- Mezclado
- Cápsulas
- Probetas
- Espátulas
- Papel de filtro

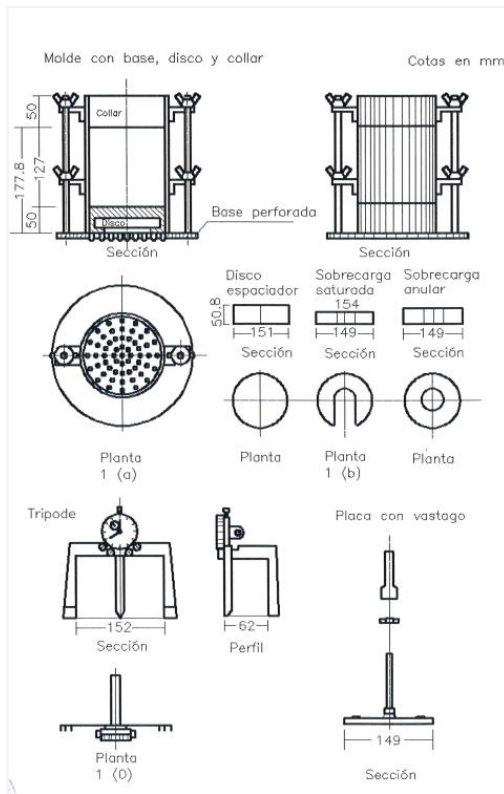


Figura 40. Materiales para el Ensayo de CBR.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016, p.249.



Figura 41. Ensayo de CBR realizado en Laboratorio.

Fuente: Propio.

Caracterización y tratamiento de Residuo de Concreto

En el Depósito de Material Excedente (DME) encontraron exclusivamente residuos de concreto de formas irregulares provenientes de losas de concreto, los cuales van a ser utilizados como residuos de concreto para la tesis.

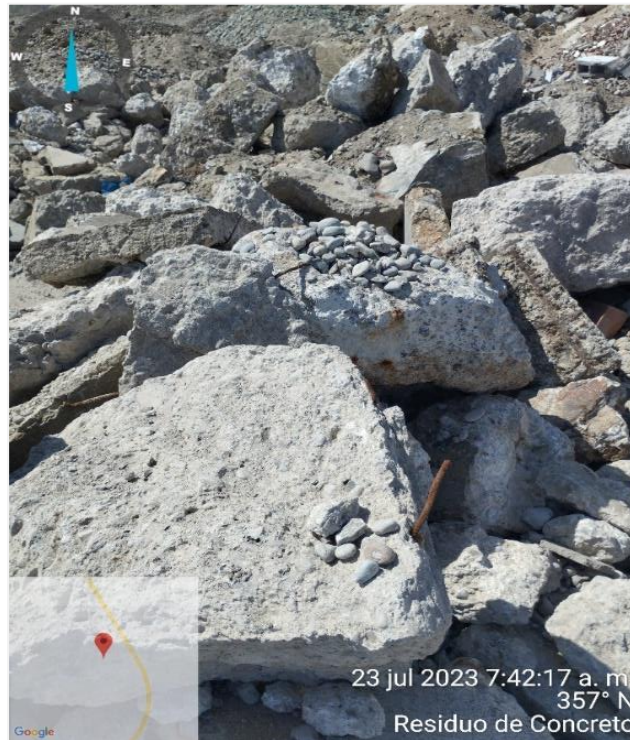


Figura 42. Características de Residuos de Concreto.

Fuente: Propio.

Trituración manual en laboratorio

Las muestras fueron sometidas al lavado con agua presión y luego secadas para poder proceder a la trituración que se realizó por el método manual con la ayuda de combos, martillos eléctricos, etc. Con la muestra triturada de residuo de concreto se realizó el tamizado que logre pasar por la malla N° 3/4 y retenido en N° 4 para así poder separar las partículas de mayor tamaño que contengan respecto a la malla indicada.



Figura 43. Trituración de forma manual.

Fuente: Propio.

Granulometría de Residuos de Concreto

Con la trituración de la muestra de residuos de concreto se procedió a la granulometría del cual se utilizará el material que logre pasar la malla $\frac{3}{4}$ " y retenido 4 ", esta muestra se utiliza para estabilizar la subrasante incorporando a la muestra del suelo natural.



Figura 44. Granulometría de Residuos de Concreto.

Fuente: Propio.

Dosificación de residuo de concreto en el suelo de subrasante

Dosificación

Se realiza las dosificaciones de residuo de concreto incorporando muestra de suelo natural, las cuales están especificadas en la tabla 14 con las que se realizaron los ensayos de laboratorio requeridos.

Tabla 10. *Combinaciones Suelo Natural y Residuo de Concreto.*

Descripción	Combinaciones
1ra Combinación	Suelo natural + 5 % Residuo de Concreto
2da Combinación	Suelo natural + 10 % Residuo de Concreto
3ra Combinación	Suelo natural + 15 % Residuo de Concreto

Fuente: Propio.

Incorporación de residuos de concreto en el suelo

El tipo de suelo que tenemos en nuestra investigación es Suelo Arcilloso al cual se incorporó residuos de concreto de los cuales se realizaron tres combinaciones con diferentes dosificaciones tanto de suelo natural como de residuos de concreto.



Figura 45. Incorporación de la muestra con Residuos de Concreto.

Fuente: Propio.

3.6 Método de análisis de datos

La presente tesis utiliza datos con la toma de apuntes que ayudan en el proceso y así poder obtener información para los ensayos realizados en laboratorio, también elaboración de gráficos y tablas en hojas de cálculos de Microsoft Excel.

3.7 Aspectos éticos

La presente tesis cumplió con todas las normas con honestidad, competitividad, el rigor científico y personal, la validez y la confiabilidad de los antecedentes de la tesis; de igual manera se ha sometido al software anti-plagio Turnitin.

IV. RESULTADOS

4.1. Descripción de la zona de estudio

Ubicación política

La zona que se estudió se localiza por la Región de Moquegua, Provincia de Ilo, Distrito de Ilo, precisamente en la Carretera Villa Libertad – Promuvi XI. Con una altitud de 203.60 m.s.n.m., latitud 17°65' longitud 71°30'.



Figura 46. Mapa Político del Perú.

Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Peru_Moquegua_Departament_map, 2018.



Figura 47. Mapa Político del Departamento de Moquegua.

Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Peru_Moquegua_Departament_map, 2018

Ubicación del proyecto



Figura 48. Mapa de la Provincia de Ilo.

Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Peru_Moquegua_Departament_map, 2018

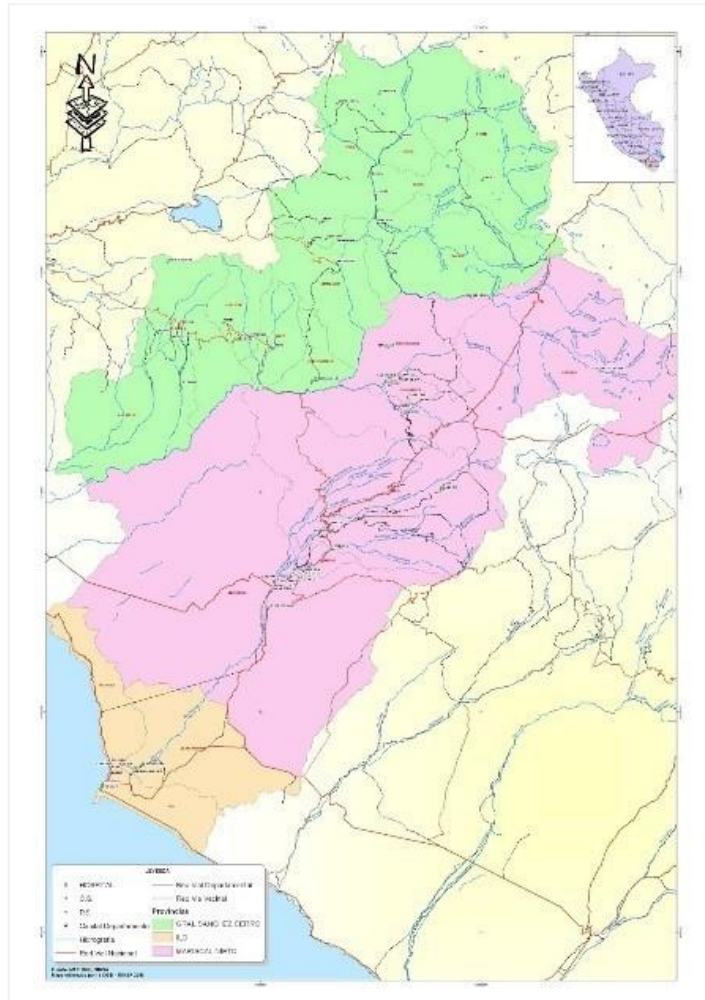


Figura 49. Mapa del Distrito de Ilo.

Fuente: https://es.m.wikipedia.org/wiki/Archivo:Peru_Moquegua_Departament_map, 2018

Limites

- Norte : Con el AA.HH. Ciudad de la Juventud
- Sur : Con la Carretera Interoceánica Sur
- Este : Con el Biohuerto Pampas el Algarrobal
- Oeste : Con la Av. Independencia

Ubicación geográfica

La provincia de Ilo tiene de coordenadas geográficas: Latitud Sur 17°38'40" y Longitud Oeste 71°20'43", con un área de 1.380,59 km², una altitud 33 m.s.n.m. El Censo realizado en el año 2017 nos indicó que tiene de población 66,118 habitantes.

Clima

El clima que presenta la Ciudad de Ilo es árido, caluroso, en la estación de verano y el invierno es largo con un clima seco y fresco. La temperatura esta entre los 11°C a los 26°C, y de temperatura anual de 17.3 °C.

Objetivo específico 1: Elevar la capacidad de soporte de los suelos blandos en la subrasante de la Carretera Villa Libertad – Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua.

A continuación, se visualiza las fotografías donde se aprecia la combinación del suelo natural incorporando residuos de concreto para después realizar el Proctor Modificado y determinar los valores de CBR.



Figura 50. Incorporación de Residuo de Concreto a la muestra.

Fuente: Propio.



Figura 51. Ensayo de CBR.

Fuente: Propio.

La siguiente tabla detallan los resultados del ensayo de CBR del suelo patrón y de las tres dosificaciones de incorporación de residuo de concreto.

Tabla 11. Resultados de Ensayo de CBR.

CBR de MDS con Incorporación de Residuos de Concreto		
Muestras	CBR al 95% de MDS	CBR al 100% de MDS
Suelo Patrón	5.57%	7.26%
Suelo Patrón + 5% de Residuos de Concreto	14.19%	17.84%
Suelo Patrón + 10% de Residuos de Concreto	19.06%	23.16%
Suelo Patrón + 15% de Residuos de Concreto	20.06%	25.17%

Fuente: Propio.

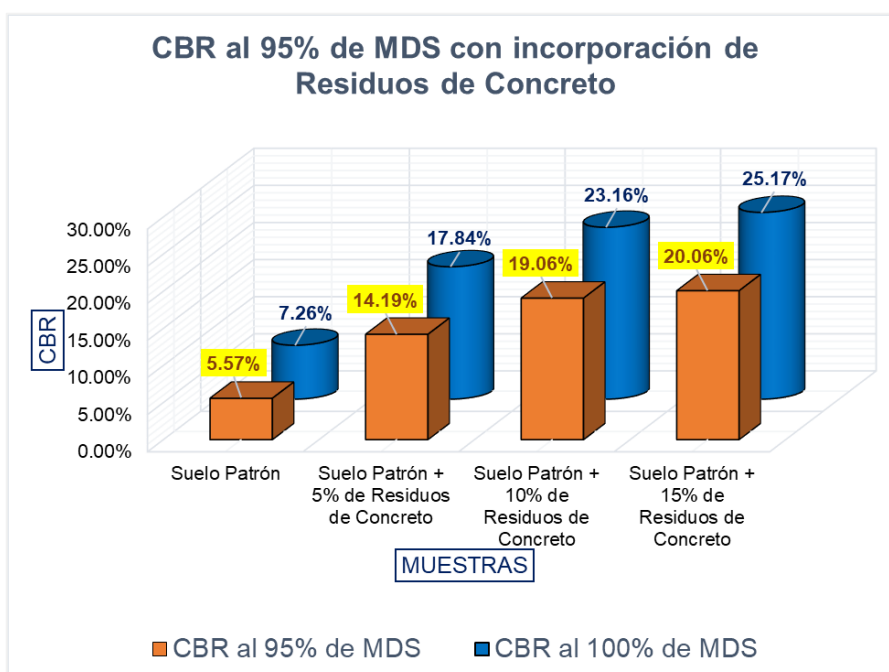


Figura 52. Gráfico del CBR al 95% y 100% del MDS.

Fuente: Propio.

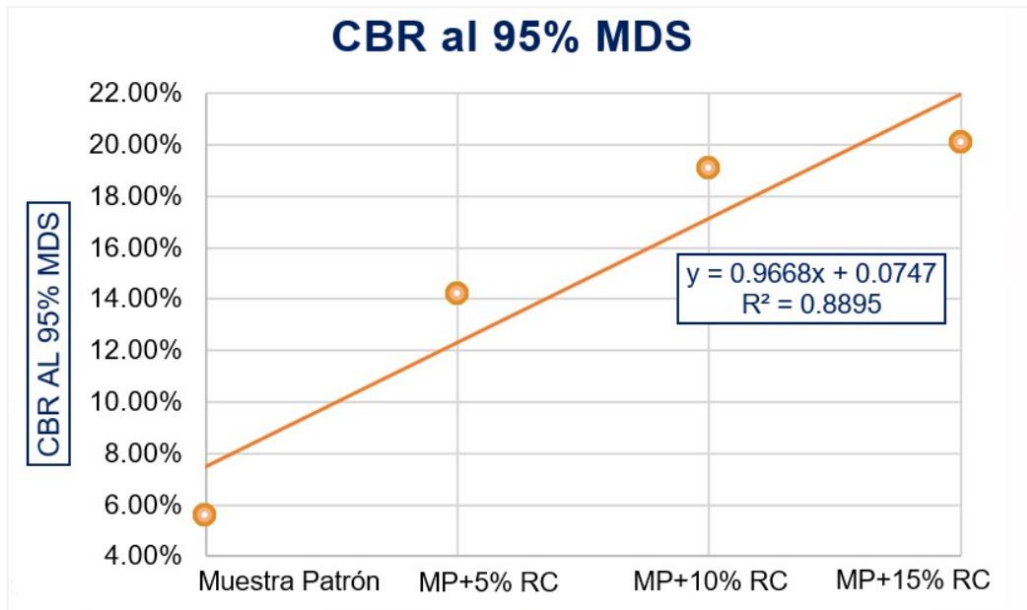


Figura 53. Gráfico de Dispersión del CBR al 95% del MDS.

Fuente: Propio.

El molde de la muestra patrón se coloca en la prensa de CBR y se visualiza la penetración que ejerce el pistón en el molde de 15 cm de diámetro alcanza mayor profundidad debido a que contamos con un suelo arcilloso CL el cual no cuenta con grava y obtenemos el resultado de CBR menor al 6% que es el porcentaje mínimo requerido según el MTC. Al incorporar material gravoso de residuos de concreto son diferentes dosificaciones que son de 5%, 10% y 15 % se coloca de la prensa de CBR y visualizamos la fuerza que ejerce el pistón es menor que la muestra patrón debido a que la incorporación genera trabazón con el suelo arcilloso en el molde, por ello el CBR incrementa y de esta manera se convierte en un suelo apto para conformar la subrasante.

Objetivo específico 2: Reducir la plasticidad de los suelos en la subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua.

A continuación, se muestran las fotografías donde se aprecia los ensayos de Límites de Atterberg el cual nos permitió conocer el límite líquido, límite plástico y de esa manera calcular el Índice de Plasticidad.

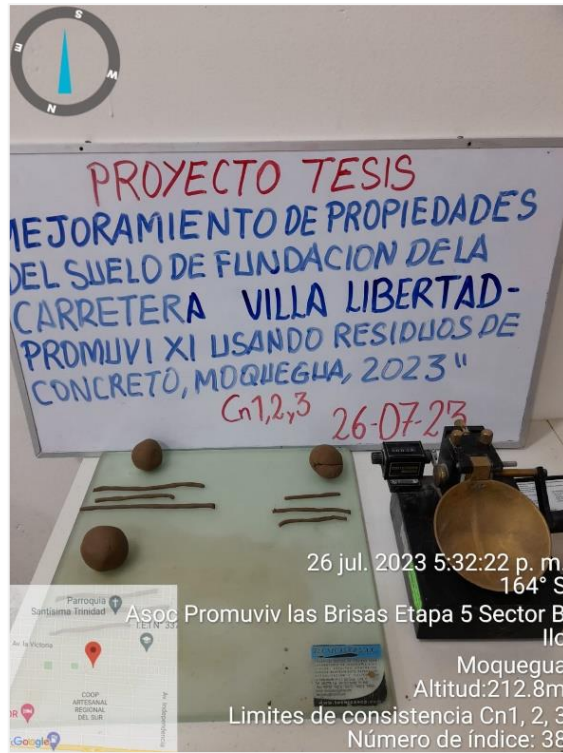


Figura 54. Ensayo de Limites de Atteberg.

Fuente: Propio.



Figura 55. Ensayo de Índice de Plasticidad

Fuente: Propio.

La siguiente tabla detallan los resultados de Índice de Plasticidad de la muestra patrón y de las tres incorporaciones de residuo de concreto.

Tabla 12. Resultados de ensayos de Límites de Consistencia.

Límites de Consistencia con Incorporación de Residuos de Concreto			
Muestras	Índice de Plasticidad	Límite Plástico	Límite Líquido
Suelo Patrón	13.35%	13.5%	26.84%
Suelo Patrón + 5% de Residuos de Concreto	10.56%	15.52%	26.08 %
Suelo Patrón + 10% de Residuos de Concreto	8.68%	16.29%	24.97%
Suelo Patrón + 15% de Residuos de Concreto	8.47%	18.36%	26.84%

Fuente: Propio.

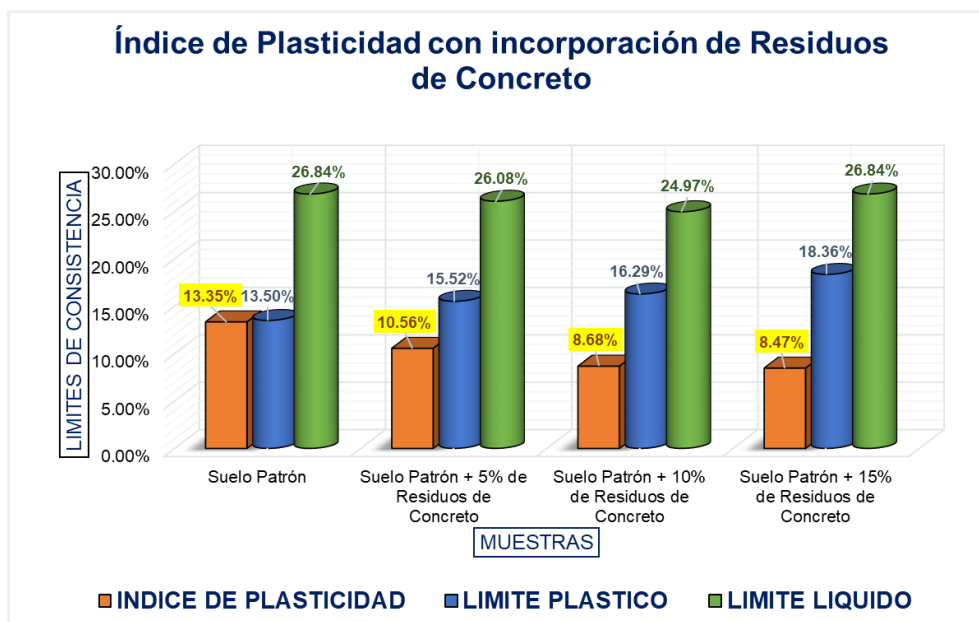


Figura 56. Gráfico de Límites de Consistencia.

Fuente: Propio.

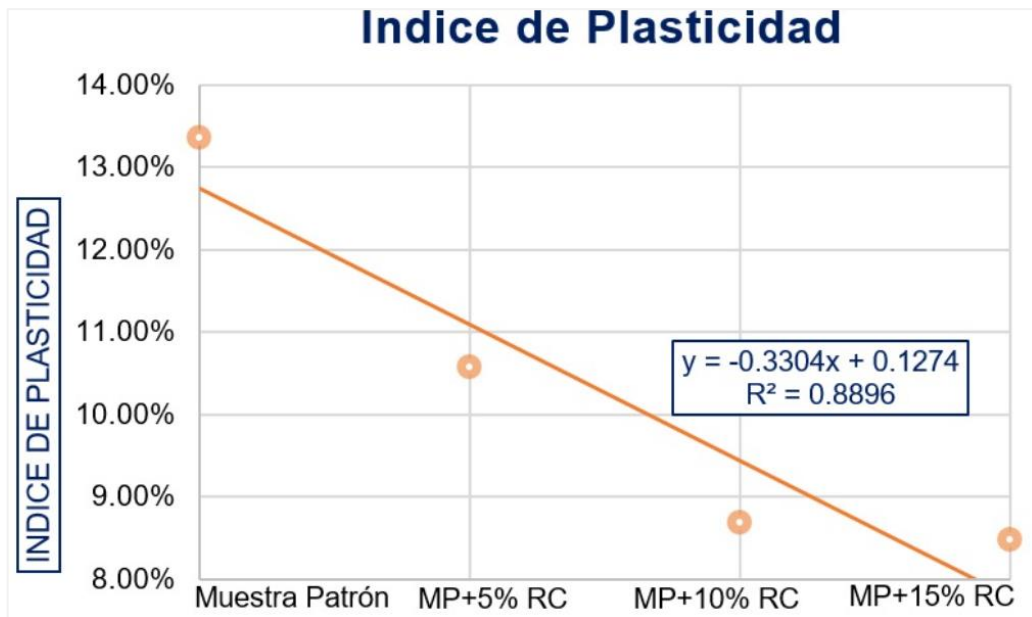


Figura 57. Gráfico de Dispersión del Índice de Plasticidad.

Fuente: Propio.

El resultado obtenido del índice de plasticidad IP de la muestra patrón es mayor debido a que contamos con un suelo arcilloso que tiene mayor plasticidad ya que se considera un suelo fino. Con la incorporación de material gravoso de residuos de concreto en diferentes dosificaciones de 5%, 10% y 15% el índice de plasticidad baja, la matriz del suelo cambia además que el suelo arcillo también cuenta con material gravoso que conserva mínimas propiedades cementistas. Según los requerimientos para la subrasante el índice de plasticidad IP debería ser menor a 10% en este sentido las dosificaciones de 10% y 15% cumplen con las especificaciones, considerándolo un suelo apto para ser una subrasante.

Objetivo específico 3: Diseñar el espesor de estabilización de suelos dosificando residuos de concreto, siguiendo los principios de la rigidez equivalente y el diseño de pavimento AASHTO 1993.

El Manual de Carreteras no Pavimentadas indica que el bajo volumen del tránsito el CBR debe ser mayor o igual a 6% y también indica que la profundidad de la capa es de 15cm como mínimo.

Para el diseño del espesor de estabilización, consideramos el concepto de la rigidez equivalente, el cual nuestro resultado deberá ser mayor al 6%.

A continuación, se realiza las operaciones con la fórmula de estabilización.

$$CBR_{eq} = \frac{D_1^3 CBR_1 + D_2^3 CBR_2}{D_1^3 + D_2^3}$$

Figura 58. CBR Equivalente.

Fuente: Ensayo de Materiales del Manual de Carreteras, 2016.

El diseño de estabilización consideramos una altura total 1.50 m debido a que a esta altura se alcanza los esfuerzos en la vía y dos estratos, D1 que es la altura de la capa estabilizada y D2 que es la altura del suelo patrón.

Tabla 13. Resultados de Estabilización.

Estabilización con Incorporación de Residuos de Concreto		
Muestra	Espesor de 70 cm	Espesor de 40 cm
Suelo Patrón + 5% de Residuos de Concreto	8.61%	5.41%
Suelo Patrón + 10% de Residuos de Concreto	10.62%	5.64%
Suelo Patrón + 15% de Residuos de Concreto	11.02%	5.68%

Fuente: Propio.

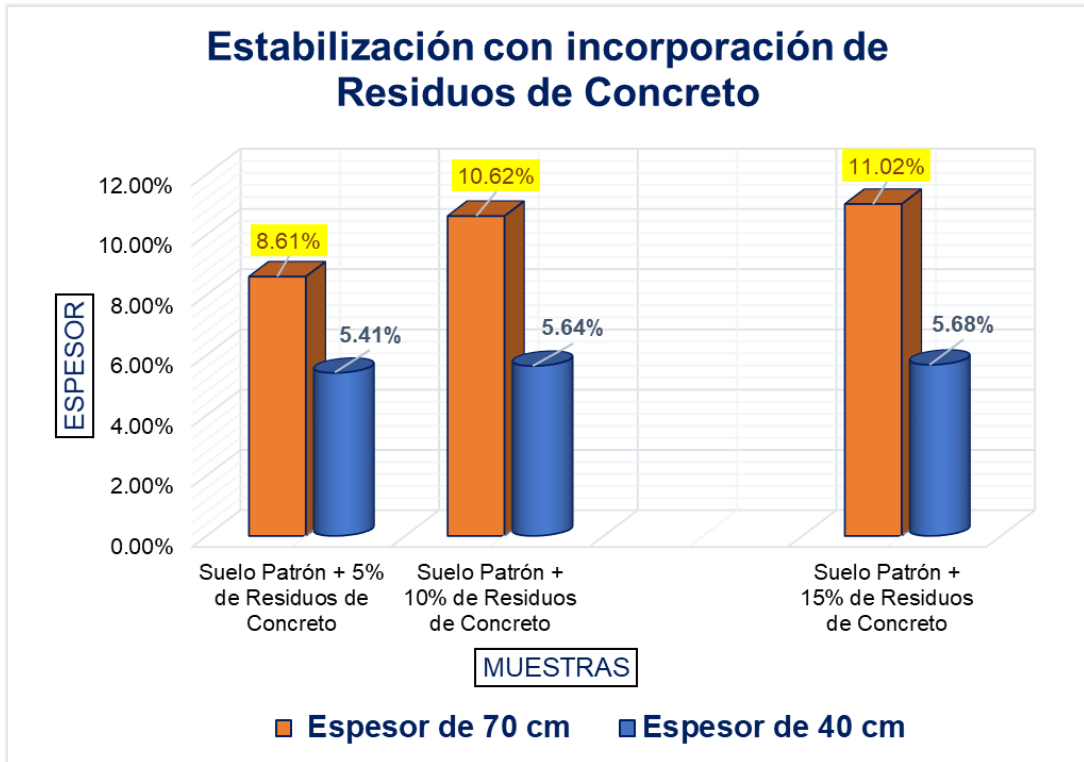


Figura 59. Gráfico de Espesor de Estabilización.

Fuente: Propio.

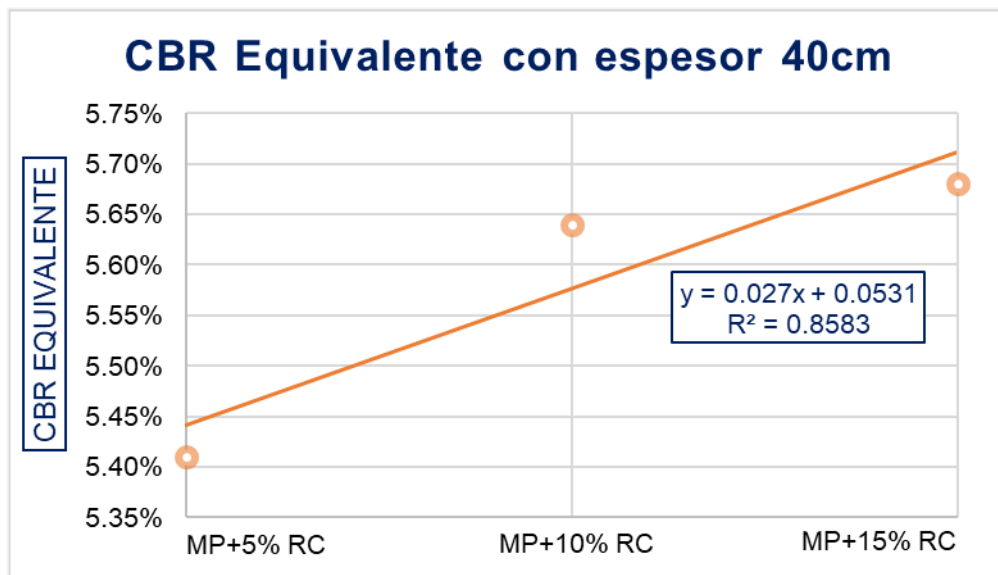


Figura 60. Gráfico de Dispersión de Espesor de Estabilización a 40 cm.

Fuente: Propio.

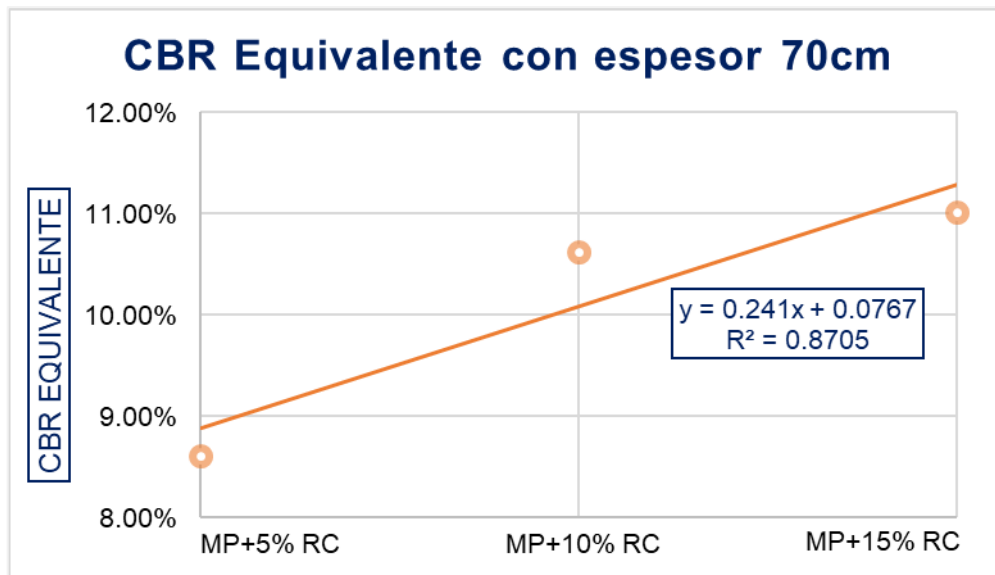


Figura 61. Gráfico de Dispersión de Espesor de Estabilización a 70 cm.

Fuente: Propio.

Se consideró para realizar la ecuación de rigidez equivalente dos espesores de 40cm y 70cm, con el espesor de 40cm vemos que no logra cumplir con el mínimo porcentaje de CBR (6%) que indica el manual del MTC, con el espesor de 70cm de estabilización se supera el valor mínimo que indica las especificaciones técnicas del 6%, obtenemos 3 casos que cumplen con las incorporaciones de material gravoso de residuos de concreto de las dosificaciones de 5%, 10% y 15%. El cual consideramos la dosificación de 15% con incorporación de material gravosos de residuo de concreto el más apto a utilizar ya que, al contar con mayor material de residuo de concreto en la subrasante, el espesor de las capas (subbase y base) tendrán un menor espesor y de esta manera se disminuye el presupuesto de ejecución de obra.

Diseño de Pavimento Flexible por el Método AASTHO 93

El método de diseño AASTHO, se desarrolló en Estados Unidos en 1960 y se basa en 2 años de pruebas exhaustivas en Illinois, un estado con suelos y clima típicos de gran parte de los Estados Unidos.

A partir de la versión de 1986 y se mejoró a la versión 1993, se empezó a incluir conceptos mecánicos y así adaptar a ciertos parámetros que diferían de las del sitio de prueba original.

Ecuación de Diseño de Pavimento Flexible:

Se utilizó la siguiente formula:

$$\log_{10}(W_{18}) = Z_R S_O + 9.36 \log_{10}(SN + 1) - 0.2 + \frac{\log_{10}\left(\frac{\Delta PSI}{4.2 - 1.5}\right)}{0.4 + \frac{1094}{(SN + 1)^{5.19}}} + 2.32 \log_{10}(M_R) - 8.07$$

Figura 62. Ecuación de Diseño de Pavimento Flexible.

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Periodo de Diseño

La vida útil recomendada es:

$$n = 10 \text{ años}$$

Tabla 14. Periodo de Diseño.

Tipo de Carretera	Periodos (años)	
	Análisis	Diseño
Urbana con altos volúmenes de tránsito	30 – 50	15 – 20
Interurbana con altos volúmenes de tránsito	20 – 50	15 – 20
Pavimentada con bajos volúmenes de tránsito	15 – 25	5 – 12
Afirmada con bajos volúmenes de tránsito	10 – 20	5 – 8

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Número de aplicaciones de carga por Eje Simple Equivalente a 18 kip

La información de tráfico de estudio establece que tenemos en total 50000 de Ejes Equivalentes

$$W_{18} = 50000$$

Nivel de Confiabilidad

Los niveles de confiabilidad recomendados según AASTHO son los siguientes, el cual nosotros recomendamos un 80% por ser una carretera de obras viales

$$R = 80\%$$

Tabla 15. Nivel de Confiabilidad.

Clasificación Funcional	Nivel de Confiabilidad	
	Urbano	Rural
Interestatal y Obras Viales	85 – 99,9	80 – 99.9
Arterias Principales	80 – 99	75 – 95
Colectores	80 – 95	75 – 95
Locales	50 – 80	80 – 80

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Desviación Estándar Normal

Este valor se relaciona previamente con la confiabilidad

$$Z_r = -0.841$$

Tabla 16. *Desviación Estándar Normal.*

Confiabilidad %	Valor de Zr
50	0
60	-0,253
70	-0,524
75	-0,674
80	-0,841
85	-1,037
90	-1,282
91	-1,34
92	-1,405
93	-1,476
94	-1,555
95	-1,645
96	-1,751
97	-1,881
98	-2,054
99	-2,327
99,9	-3,09
99,99	-3,75

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Desviación Estándar Combinado del tráfico y de la estructura

Los valores de desviación estándar recomendados según AASTHO son 0.40 – 0.50 para pavimentos flexibles

$$S_o = 0.45$$

Tabla 17. Desviación Estándar Combinado.

Condición	Pavimento Rígido	Pavimento Flexible
En construcción nueva	0,35	0,45
En sobre capas	0,39	0,49

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Diferencia entre los Índices de Serviciabilidad de Diseño Inicial y Final.

La serviciabilidad en condiciones de la Carretera Experimental AASHO para pavimento flexible la serviciabilidad inicial se considera 4.2 y final se considera 2.0

$$\Delta PSI = P_i - P_t$$

Figura 63. Ecuación de diferencia entre los Índices de Serviciabilidad.

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

$$\Delta PSI = 4.2 - 2.0$$

$$\Delta PSI = 2.2$$

Módulo Resiliente

Se halla a través de la siguiente ecuación:

$$Mr = 1500 \times CBR^{0.64}$$

Figura 64. Ecuación de Módulo Resiliente.

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Se utiliza el CBR de la subrasante

$$Mr = 1500 \times 11.02^{0.64}$$

$$Mr = 11868.26$$

Número Estructural

Ecuación de Numero Estructural:

$$SN = a_1 D_1 + a_2 D_2 m_2 + a_3 D_3 m_3$$

Figura 65. Ecuación de Número Estructural.

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Drenaje

El valor del coeficiente va a depender de dos parámetros, la capacidad de drenaje que se logra calcular la función del tiempo necesario del agua que drena del pavimento y el porcentaje del tiempo que es expuesto a los niveles de humedad de la saturación.

$$m = 1$$

Tabla 18. Valor de Drenaje.

Tiempo de Eliminación del Agua en la Vía	Calidad de Drenaje
2 Horas	Excelente
1 Día	Bueno
1 Semana	Regular
1 Mes	Pobre
El agua no drena	Malo

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Resultados

Los resultados obtenidos para la estructura del pavimento son:

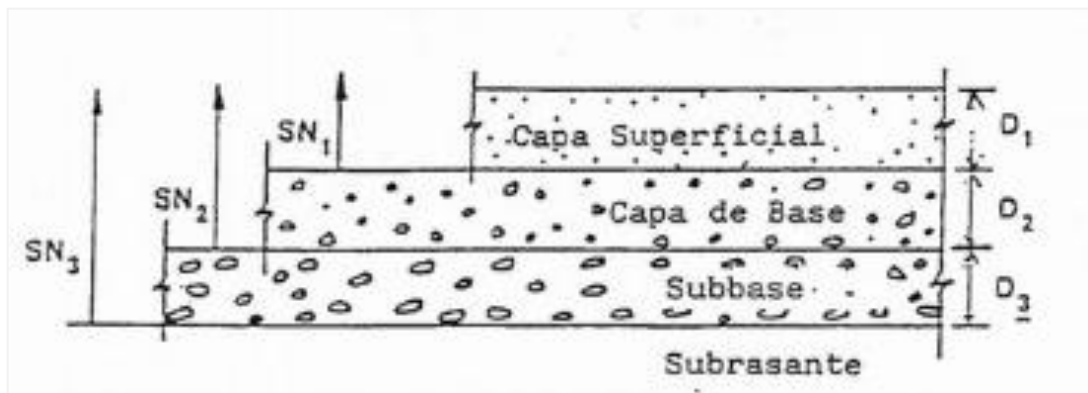


Figura 66. Diseño de Capas de un Pavimento.

Fuente: Diseño de Estructuras de Pavimentos del AASTHO 93, 1997.

Asfalto = 3 plg = 9cm

Base Granular = 6 plg = 15 cm

Sub Base Granular = 6 plg = 15 cm

Contrastación de Hipótesis

Contrastación de Hipótesis 1

Planteamiento de Normalidad

Hipótesis nula: Los datos de CBR de la subrasante con incorporación de material gravoso de residuos de concreto tiene una distribución normal.

Hipótesis alterna: Los datos de CBR la subrasante con incorporación de material gravoso de residuos de concreto no tiene una distribución normal.

Nivel de Significancia

$\alpha = 5\%$

Elección de la Prueba Estadística

n (muestras) < 50 – Shapiro

Pruebas de Normalidad

Tabla 19. Resultados de Normalidad de Hipótesis 1.

	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificacion_de_Residuos_de_Concreto	,151	4	.	,993	4	,972
Capacidad_de_Soporte	,244	4	.	,883	4	,351

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Regla de Decisión

Si P – valor ≤ 0.05 indica que se tiene que rechazar su hipótesis nula.

El valor es 0.351 es mayor a 0.05.

Con los datos obtenidos se acepta la condición de la hipótesis nula.

Como los datos son 4 se recomienda utilizar la Prueba Estadística de Shapiro-Wilk.

Los valores del CBR tienen normalidad que tiene un nivel de significación del 5%. Como los valores obtenidos tienen normalidad se recomienda utilizar una Prueba Estadística Paramétrica.

Planteamiento del Problema

Hipótesis nula: El mejoramiento de CBR de la subrasante con incorporación de material gravoso de residuos de concreto no se incrementa significativamente.

Hipótesis alterna: El mejoramiento de CBR de la subrasante con incorporación de material gravoso de residuos de concreto si se incrementa significativamente.

Nivel de Significancia

$\alpha = 5\%$

Elección de la Prueba Estadística

n (muestras) < 50 – Shapiro

Correlaciones

Tabla 20. Resultados de Normalidad de Hipótesis 1.

		Dosificacion_de _Residuos_de_ Concreto	Capacidad_de_ Soporte
Dosificacion_de_Residuos_d e_Concreto	Correlación de Pearson	1	,943*
	Sig. (bilateral)		,015
	N	4	4
Capacidad_de_Soporte	Correlación de Pearson	,943*	1
	Sig. (bilateral)	,015	
	N	4	4

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Regla de Decisión

Si el valor ≤ 0.05 indica que se tiene que rechazar su hipótesis alterna.

El valor es 0.015 es menor a 0.05.

Con los datos obtenidos se acepta la condición de la hipótesis alterna.

Como los datos son 4 se recomienda utilizar de la Prueba Estadística de Shapiro-Wilk.

Los valores de CBR incrementa significativamente.

Se utiliza una Prueba Estadística Paramétrica.

Contrastación de Hipótesis 2

Planteamiento de Normalidad

Hipótesis nula: Los datos de IP incorporando material gravoso de residuos de concreto tienen una distribución normal.

Hipótesis alterna: Los datos de IP incorporando material gravoso de residuos de concreto no tienen una distribución normal.

Nivel de Significancia

$\alpha = 5\%$

Elección de la Prueba Estadística

n (muestras) < 50 – Shapiro

Pruebas de Normalidad

Tabla 21. Resultados de Normalidad de Hipótesis 2.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificacion_de_Residuos_de_Concreto	,151	4	.	,993	4	,972
Indice_de_Plasticidad	,258	4	.	,876	4	,324

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Regla de Decisión

Si el valor ≤ 0.05 indica que se tiene que rechazar su hipótesis nula.

El valor es 0.324 es mayor a 0.05.

Con los datos obtenidos se acepta la condición de la hipótesis nula.

Como los datos son 4 se recomienda utilizar de la Prueba Estadística de Shapiro-Wilk.

Los valores del Índice de Plasticidad tienen normalidad que tiene un nivel de significación del 5%.

Con los valores obtenidos tienen normalidad se recomienda utilizar una Prueba Estadística Paramétrica.

Planteamiento del Problema

Hipótesis nula: El mejoramiento de IP incorporando material gravoso de residuos de concreto no se reduce significativamente.

Hipótesis alterna: El mejoramiento de IP incorporando material gravoso de residuos de concreto si se reduce significativamente.

Nivel de Significancia

$\alpha = 5\%$

Elección de la Prueba Estadística

n (muestras) < 50 – Shapiro

Correlaciones

Tabla 22. Resultados de Normalidad de Hipótesis 2.

		Dosificacion_de _Residuos_de_ Concreto	Indice_de_Plasti cidad
Dosificacion_de_Residuos_d e_Concreto	Correlación de Pearson	1	-,943
	Sig. (bilateral)		,004
	N	4	4
Indice_de_Plasticidad	Correlación de Pearson	,943	1
	Sig. (bilateral)	,004	
	N	4	4

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Regla de Decisión

Si el valor ≤ 0.05 indica que se tiene que rechazar su hipótesis alterna.

El valor es 0.004 es menor a 0.05.

Con los datos obtenidos se acepta la condición de la hipótesis alterna.

Como los datos son 4 se recomienda utilizar de la Prueba Estadística de Shapiro-Wilk.

Los valores de Índice de Plasticidad si se reduce significativamente.

Se utiliza una Prueba Estadística Paramétrica.

Contrastación de Hipótesis 3

Planteamiento de Normalidad

Hipótesis nula: Los datos de espesor de estabilización incorporando material gravoso de residuos de concreto tienen una distribución normal.

Hipótesis alterna: Los datos de espesor de estabilización incorporando material gravoso de residuos de concreto no tienen una distribución normal.

Nivel de Significancia

$\alpha = 5\%$

Elección de la Prueba Estadística

n (muestras) < 50 – Shapiro

Pruebas de Normalidad

Tabla 23. Resultados de Normalidad de Hipótesis 3.

	Pruebas de normalidad					
	Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
Dosificacion_de_Residuos_d e_Concreto	,151	4	.	,993	4	,972
Espesor_de_Estabilizacion	,248	4	.	,894	4	,403

a. Corrección de significación de Lilliefors

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Regla de Decisión

Si el valor ≤ 0.05 indica que se tiene que rechazar su hipótesis nula.

El valor es 0.403 es mayor a 0.05.

Con los datos obtenidos se acepta la condición de la hipótesis nula.

Como los datos son 4 se recomienda utilizar de la Prueba Estadística de Shapiro-Wilk.

Los valores del espesor de estabilización tienen normalidad con un nivel de significación del 5%.

Con los valores obtenidos tienen normalidad se recomienda utilizar una Prueba Estadística Paramétrica

Planteamiento del Problema

Hipótesis nula: El mejoramiento de espesor de estabilización incorporando material gravoso de residuos de concreto no se aumenta significativamente.

Hipótesis alterna: El mejoramiento de espesor de estabilización incorporando material gravoso de residuos de concreto se aumenta significativamente.

Nivel de Significancia

$\alpha = 5\%$

Elección de la Prueba Estadística

n (muestras) < 50 – Shapiro

Correlaciones

Tabla 24. Resultados de Normalidad de Hipótesis 3.

		Correlaciones	
		Dosificacion_de _Residuos_de_ Concreto	Espesor_de_Est abilizacion
Dosificacion_de_Residuos_d e_Concreto	Correlación de Pearson	1	,952*
	Sig. (bilateral)		,004
	N	4	4
Espesor_de_Estabilizacion	Correlación de Pearson	,952*	1
	Sig. (bilateral)	,004	
	N	4	4

*. La correlación es significativa en el nivel 0,05 (bilateral).

Fuente: IBM SPSS Statistics.

Regla de Decisión

Si el valor ≤ 0.05 indica que se tiene que rechazar su hipótesis alterna.

El valor es 0.004 es menor a 0.05.

Con los datos obtenidos se acepta la condición de la hipótesis alterna.

Como los datos son 4 se recomienda utilizar de la Prueba Estadística de Shapiro-Wilk.

Los valores del espesor de estabilización se aumentan significativamente.

Se utiliza una Prueba Estadística Paramétrica.

V. DISCUSIÓN

Discusión 1: En la presente tesis se clasificó el suelo A-6 por AASHTO. y un CL por SUCS considerándose como un suelo de arcilla plástica, con porcentaje de CBR de 5.57% (95% MDS) indicando no apto el suelo para conformar la subrasante ya que el valor obtenido es menor al 6% el cual necesita estabilización. De acuerdo con los resultados expuestos en los capítulos previos de 3 dosificaciones se puede ver que al 5%, 10% y 15% de tasa de residuo de concreto subió obteniendo un porcentaje de CBR de 14.19%, 19.06 y 20.06% respectivamente. Según los antecedentes nacionales Casas (2017) en su tesis de investigación propone ver cómo influye la incorporación de residuos de construcción para estabilizar la subrasante, el suelo patrón tiene un CBR de 5.39%. Realizando el ensayo de CBR con incorporación de 10%, 20% y 30% de residuos de construcción obtiene los valores de 7.81%, 9.41% y 12.50% respectivamente. En los resultados obtenidos se aprecia que en la presente investigación el porcentaje de CBR ha incrementado considerablemente ya que se utilizó residuo de concreto previamente triturados para realizar el ensayo granulométrico del cual utilizamos el material que logra pasar la malla $\frac{3}{4}$ " y se retiene en 4" considerándose un material gravoso siendo este el factor por el cual el CBR incrementa convirtiendo nuestro suelo patrón de baja resistencia a un suelo apto alcanzando un porcentaje de CBR de 20.06%. En la investigación de Casas (2017) se observa que, no hubo un incremento significativo de porcentaje de CBR debido a que utiliza residuos de construcción triturados gravas, arenas y finos, los finos no contribuyen al incremento del porcentaje de CBR es por ello la capacidad de soporte tiene un valor no tan alto a comparación de incorporar material gravoso.

Discusión 2: El suelo patrón de la presente investigación tiene un valor de índice de plasticidad de 13.35% indicando no apto el suelo para la subrasante, se incorpora residuos de concreto de 5%, 10% y 15% para disminuir el valor del índice de plasticidad siendo los resultados 10.56%, 8.68% y 8.47% respectivamente. Según Valeriano (2022) el suelo patrón presenta un valor de índice de plasticidad de 5.57% y al adicionar 10%, 20% y 30% de residuo de concreto el ensayo da como

resultados los valores de IP de 7.53%, 5.73% 7.37% teniendo un incremento de valor de IP y disminución de este mientras tenga más porcentaje de residuo de concreto se tiene que añadir al suelo natural. De los resultados obtenidos, podemos apreciar que, el IP disminuye considerablemente con la incorporación de material gravoso de residuo de concreto ya que el material es un suelo CL y no contiene plasticidad el cual, al adicionar al suelo arcilloso este hace que reduzca su plasticidad obteniendo con 15% de adición un IP de 8.47%. En la investigación de Valeriano (2022) se observa que el IP de suelo CL – ML es de 5.57% siendo un suelo apto, al incorporar residuo de concreto se aprecia que el valor de IP varía, esto se debe a que utiliza residuo de concreto triturado que pasa por la malla N°40 y se retiene N°200 (material arenoso).

Discusión 3: Para la presente tesis considera el diseño de espesor de la estabilización del suelo de subrasante para el cual se emplea el concepto de rigidez equivalente, por el cual, se obtiene con un espesor de 70cm un valor de CBR equivalente de 11.02% siendo este un valor adecuado ya que, cumple con las normas del MTC, donde indica que el CBR equivalente > 6%. Realizando la contrastación de hipótesis de la investigación se puede apreciar que, al adicionar más porcentaje de residuo de concreto al suelo patrón, incrementa el valor de CBR equivalente. En el trabajo de investigación de Quispe (2020) se puede verificar que considera un espesor de estabilización de 1.5m, esta estimación no presenta un sustento técnico analítico por lo cual no se recomienda válido para fines de dimensionar la capa de estabilización.

VI. CONCLUSIONES

- En la presente tesis se realizó una experimentación para fines de mejorar los suelos de subrasante de la carretera Villa Libertad - Promuvi XI, para esta investigación se analizó como muestra patrón el suelo natural de la subrasante el mismo que es una arcilla plasticidad media (CL), se dosificaron 5%, 10% y 15% de residuo de concreto de esa manera mejorando las propiedades del suelo, los parámetros evaluados en esta investigación son los límites de consistencia, CBR y el espesor necesario de estabilización. De esta manera mejoraremos las propiedades del suelo de la subrasante de la carretera.
- De acuerdo con los ensayos de laboratorio se tiene que los suelos de fundación de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI son suelos arcillosos clasificados como CL los mismos que presentan una baja capacidad portante, con la incorporación de 5%, 10% y 15% de residuo de concreto se buscó mejorar las propiedades físicas y las propiedades mecánicas, en relación con el CBR original del suelo natural tiene un valor de 5.57% (95% MDS), con las dosificaciones se incrementó a 14.19%, 19.06% y 20.06% respectivamente. Comparando los resultados con Casas (2017) se obtuvieron mejores resultados con menores porcentajes de residuo de concreto, esto se fundamenta en que nosotros incorporamos material gravoso y Casas (2017) utiliza material fino el cual no contribuye al incremento del porcentaje de CBR. Se logró elevar el CBR del suelo en la subrasante con la incorporación de residuos de concreto en diferentes porcentajes, siendo la de 15% de incorporación de residuo óptimo para el suelo.
- En relación a la caracterización de los suelos finos de la fundación de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI se tiene que los límites de consistencia tienen valores elevados, con la adición de 5%, 10% y 15% de residuo de concreto se buscó reducir el índice de plasticidad del suelo de la subrasante, el índice de plasticidad inicial de 13.35% con las dosificaciones de residuo de concreto reduce los valores a IP= 10.56, 8.68% y 8.47% respectivamente, valor

que cumple con las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras del MTC que indica debe tener menos de 10% de índice de plasticidad. El cemento del residuo de concreto si bien se puede considerar un árido conserva algunas propiedades cementistas que ayuda a reducir el índice de plasticidad. Comparando los resultados con Valeriano (2022) obtenemos mejores resultados, esto se fundamenta que nosotros adicionamos residuo de concreto tamizado que pasa por la malla N° ¾ y retiene en la malla N° 4 y Valeriano (2022) adicionó residuo de concreto triturado que pasa por la malla N°40 y se retiene en la malla N°200 (material arenoso). Logramos reducir la plasticidad del suelo en la subrasante incorporando residuos de concreto en diferentes dosificaciones, siendo óptimo el 10% y 15%, así obtenemos un índice de plasticidad bajo.

- De acuerdo con el Manual del MTC es necesario conocer el espesor de la capa de subrasante por estabilizar, con de la carretera del concepto de la rigidez equivalente se buscó estimar un valor ponderado de rigidez de los estratos del suelo, se analizó dos espesores 40 cm y 70 cm llegando a la conclusión que con 70 cm de estabilización con dosificaciones de 5%, 10% y 15% de residuo de concreto superan el valor mínimo que indica las Especificaciones Técnicas (6%) llegando a un valor de CBR equivalente de 11.02%. Comparando los resultados con Quispe (2020), nosotros incrementamos el valor de CBR equivalente, esto se fundamenta que al adicionar más porcentaje de residuo de concreto al suelo patrón este aumenta su rigidez y Quispe (2020) considera un espesor de estabilización de 1.5m, esta estimación no presenta un sustento técnico analítico por lo cual no se recomienda válido para fines de dimensionar la capa de estabilización. Obtuvimos la estabilización del suelo de la subrasante incorporando residuos de concreto en diferentes dosificaciones, siendo la óptima el espesor de 70 cm.
- En la presente tesis se han validado los objetivos que se plantearon en la matriz de consistencia, se ha cumplido el alcance de la investigación. Las propiedades del suelo se han modificado es importante resaltar que los residuos de concreto en las ciudades cada vez son más grandes, entonces es un material que se

puede acopiar en depósitos de material excedente (DME) se puede reutilizar, los escasos del material de las canteras exigen a los ingenieros pensar en nuevas alternativas con previa verificación, esta tesis es un primer paso para mayores investigaciones.

VII. RECOMENDACIONES

- De acuerdo a los resultados que se obtuvieron de la tesis donde incorporamos residuos de concreto en cantidades de 5%, 10% y 15% a la muestra del suelo de fundación de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI se obtuvieron resultados favorables para la investigación, pero se recomienda aumentar las cantidades de residuos de concreto para poder saber hasta dónde puede llegar el CBR del suelo de fundación de la carretera.
- Se recomienda a futuras investigaciones ampliar el alcance de esta investigación no solo considerando la tipología del suelo de fundación que se utilizó de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI sino también en diversos tipos de suelos incorporando residuos de concreto y de esa manera visualizar donde se genera mayores resultados óptimos en las propiedades del suelo, también incluyen mayores ensayos de laboratorio utilizados en esta investigación, como el ensayo de módulo elástico que se realiza en otro país.
- Se recomienda en futuras investigaciones usar una granulometría diferente de trituración de residuos de concreto utilizada en esta investigación que sean mayores a la malla $\frac{3}{4}$ " y menores a la malla 4", también tener en cuenta que el proceso de selección de los residuos de concreto es importante que no estén contaminados o se hayan mezclado con otros materiales que pueda alterar su composición y posteriormente los resultados de laboratorio.
- Se recomienda seguir promoviendo la realización de investigaciones empleando la utilización de materiales reciclados generados por la industria de construcción, ya que el alcance de esta investigación comprobó la influencia positiva de incorporación de residuos de concreto en las propiedades del suelo de fundación de la carretera Villa Libertad – Promuvi XI, también se puede emplear la utilización de diferentes materiales desechos de la industria de la construcción para mejorar la estabilización del suelo y de esa manera contribuir a la protección del medio ambiente.

REFERENCIAS

- ALI, Ahmed, et al. 2022. Mechanical Stabilization of weak sand subgrade using recycled concrete aggregate. Journal of Engineering Science and Technology [en línea], Vol. 17, No. 1 (2022) 0239 - 0256. Disponible en: https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20Issue%201%20February%20%202022/17_1_18.pdf
- ARIAS, Fidias. El proyecto de investigación. [En línea] 2006. [consultado 10 junio 2023.] ISBN: 980-07-8529-9. Disponible en: <http://www.bibvirtual.ucb.edu.bo:8000/opac/Record/168601#similar>
- ASTM D420 Guía para la investigación y muestreo de suelos y rocas [En línea] 2003. [consultado 21 septiembre 2023.] Disponible en: <https://www.studocu.com/pe/document/universidad-tecnologica-del-peru/mecanica-de-suelos/astm-d420-guia-para-la-investigacion-y-muestreo-de-suelos-y-rocas/47155624>
- ASTM D422 Análisis Granulométrico por Tamizado [En línea] 2014. [consultado 04 octubre 2023.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/Alexander159/analisis-granulometrico-por-tamizado-38024430>
- ASTM D2216 Standard Test Methods for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock by Mass [En línea] 2000. [consultado 06 octubre 2023.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/BethiaKeren/179619233-mtce1082000metodoens-ayoparadeterminarelcontenidodehumedaddeunsuelo>
- AZAÑA, Jhordy, et al. Rigidez de suelos. [En línea] 2017. [consultado 13 mayo 2023.] Disponible en: https://prezi.com/fpbvguski_l1/rigidez-desuelos/#:~:text=Propiedades%20din%C3%A1micas%20de%20los%20suelos&text=En%20ingenier%C3%ADa%20de

2C%20la%20rigidez%20es,esfuerzos%20sin%20adquirir%20grandes%20de formaciones

CASAS, Emilia. "Residuos de construcción para estabilizar la subrasante en el jirón Manuel Scorza, distrito de Chilca-Junin 2017". Huancayo, Perú: Universidad Alas Peruanas, 2017. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil. Disponible en: https://repositorio.uap.edu.pe/xmlui/bitstream/handle/20.500.12990/5475/Tesis_Residuos_Construcci%c3%b3n_Subrasante.pdf?sequence=1&isAllowed=y

CONDORI, Porfirio. Niveles de Investigación. [En línea] 2020. [consultado 08 junio 2023.] Disponible en: <https://www.aacademica.org/cporfirio/17.pdf>

DATTA, S. y MOFIZ, S. A. 2021. Stabilization of Road Subgrade Soil Using Recycled Aggregates. International Journal on Emerging Technologies [en línea], ISSN No. (Print): 0975-8364, ISSN No. (Online): 2249-3255. Disponible en: <https://www.researchtrend.net/ijet/pdf/15%20%20Stabilization%20of%20Road%20Subgrade%20Soil%20Using%20Recycled%20Aggregates%20CE-S.pdf>

HERNANDEZ, Sandra, et al. Técnicas de instrumentos de recolección de datos. Boletín Científico de las Ciencias Económico Administrativas del ICEA. [En línea] 2017, Vol.9, No. 17(2020) 51-53, ISSN: 2007-4913. Disponible en: <https://repository.uaeh.edu.mx/revistas/index.php/icea/article/view/6019/7678>

ING. Rivera, Gerardo. "DOSIFICACIONES DE MEZCLA DE CONCRETO". [En línea] Concreto Simple, 2015. [consultado 14 de 04 de 2023.] Disponible en: <https://docplayer.es/9734905-Capitulo-8-dosificacion-de-mezclas-de-concreto.html>

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Normas de ensayo de materiales para carreteras [en línea]. E - 126 INV E – 126 – 13 [consultado 18 mayo 2023]. Disponible en:

<https://www.da-lab.co/wp-content/uploads/2021/04/INV-126-13.pdf>

Lerma, Héctor. Metodología de la investigación [en línea]. Ecoe Ediciones. ISBN:9789587713466, 958771346X, 2016. pp. 72 - 73 [consultado 09 junio 2023]. Disponible en:

https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n_5ta_ed/COzDDQAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=metodologia+de+investigacion+tipo+,+enfoco+,+dise%C3%B1o+libro&printsec=frontcover

Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos. [En línea] 2014. [consultado 18 mayo 2023.] Disponible en:

https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20ORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf

Manual de Frascati 2015: Guía para la recopilación y presentación de información sobre la investigación y el desarrollo experimental. Fundación Española para la Ciencia y la Tecnología, FECYT. DOI: <https://doi.org/https://doi.org/10.1787/9789264310681-es>. Disponible en:

<https://conocimiento.concytec.gob.pe/termino/investigacion-aplicada/>

Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E 103 Reducción de muestras de campo a tamaño de muestras de ensayo [En línea] 2014. [consultado 29 septiembre 2023.] Disponible en: <https://es.scribd.com/document/326588471/MTC-E-103-pdf>

Manual del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E 107 Análisis Granulométrico de Suelos por tamizados [En línea] 2014. [consultado 04 octubre 2023.] Disponible en:

<https://www.udocz.com/apuntes/252876/semana-02-mtc-e-107-analisis-granulometrico-de-suelos-por-metodo-del-amizado>

Manual de MTC E 108 Método de Ensayo para determinar el Contenido de Humedad de un Suelo [En línea] 2014. [consultado 05 octubre 2023.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/BethiaKeren/179619233-mtce1082000metodoensayoparadeterminarelcontenidodehumedaddeunsuelo>

MEDINA, Miguel. et al. 2023. Metodología de la Investigación. Técnicas e instrumentos de investigación [en línea], pp. 14 - 16. DOI: <https://doi.org/10.35622/inudi.b.080>. Disponible en: <https://editorial.inudi.edu.pe/index.php/editorialinudi/catalog/view/90/133/157>

MOATAZ, Obaydi et al. 2021. Improvement in Field CBR Values of Subgrade Soil Using Construction-Demolition Materials. Transportation Infrastructure Geotechnology [en línea], y <https://doi.org/10.1007/s40515-021-00170-x>. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/s40515-021-00170-x>

Norma MTC E 110 Determinación del Límite Líquido de los suelos [En línea] 2000. [consultado 06 octubre 2023.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/BethiaKeren/179619233-mtce1082000metodoensayoparadeterminarelcontenidodehumedaddeunsuelo>

Norma MTC E 111 Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad [En línea] 2000. [consultado 07 octubre 2023.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/BethiaKeren/179619233-mtce1082000metodoensayoparadeterminarelcontenidodehumedaddeunsuelo>

Norma MTC E 115 Proctor Modificado según ASTM D-1557 [En línea] 2000. [consultado 07 octubre 2023.] Disponible en: <https://es.slideshare.net/jaimecaballerohuaman/mtc115>

Norma MTC E 132 CBR de Suelos (Laboratorio) [En línea] 2000. [consultado 08 octubre 2023.] Disponible en:

<https://www.udocz.com/apuntes/48901/mtc-e-132-cbr-de-suelos-laboratorio>

OCHOA, Sara. "Estudio experimental sobre la estabilización de una subrasante limo arcillosa con RCD-concreto fino (partículas < 2mm) para aplicación en pavimentos, Foz do Iguaçu, 2019". Foz do Iguaçu, Brasil: Universidade Federal de Integração, 2019. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Civil de Infraestructura. Disponible en: <https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/5903>

PORRERO, Joaquin et al. "Proyecto y diseño de obras en concreto estructural". Manual de Concreto Estructural. Caracas, Venezuela 2014. ISBN: 978-980-7658-00-3. Disponible en: <https://pe56d.s3.amazonaws.com/p193k6ak6nqf8199a17uh1ukueue9.pdf>

PRATIK, Patil. et al. 2021. Use of Construction and Demolition Waste for Ground Improvement. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT) [en línea], vol. 09, issue 3, ISSN: 2278-0181. DOI : 10.17577/IJERTCONV9IS03030. Disponible en: <https://www.ijert.org/use-of-construction-and-demolition-waste-for-ground-improvement>

QUISPE, Jackeline del Pilar. "Estabilización de subrasante mediante uso de residuos de construcción y demolición – Jirón Amazonas distrito de Chilca". Huancayo, Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2020. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil. Disponible en: https://repositorio.uncp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12894/7291/T010_47535662_T.pdf?sequence=4

RCUKS, L. et al. Propiedades Físicas del Suelo. [En línea] 2004. [consultado 17 de 04 de 2023.] Disponible en: <https://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>

Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición. [En línea] 21 de 07 de 2016. [consultado 12 de 04 de 2023.] Disponible en: https://www.minem.gob.pe/minem/archivos/file/DGGAE/ARCHIVOS/5_%20D ECRETO%20SUPREMO%20N%C3%82%C2%BA%20003-2013-VIVIENDA.pdf

REITERMAN, Pavel et al., 2022. Utilization of concrete slurry waste for soil stabilization. Case Studies in Construction Materials [en línea], vol. 16, June. ISSN22145095. Doi 10.1016/j.cscm. 2022.e00900. Disponible en: <https://bit.ly/3uKov8R>.

Rivera, Jhonathan et al. "Estabilización química de suelos – Materiales convencionales y activados alcalinamente". Informador técnico. [en línea]. Universidad La Valle Colombia, 2020, DOI: 10.23850/22565035.2530. Disponible en: https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530/3417#info

Rodríguez, Yaniris. Metodología de la investigación [en línea]. Klik Soluciones educativas. ISBN:9786078682225, 6078682229, 2020. pp. 23 [consultado 08 junio 2023]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=metodologia+de+investigacion+tipos&printsec=frontcover

Rodríguez, Yaniris. Metodología de la investigación [en línea]. Klik Soluciones educativas. ISBN:9786078682225, 6078682229, 2020. pp. 25 [consultado 08 junio 2023]. Disponible en: https://www.google.com.pe/books/edition/Metodolog%C3%ADa_de_la_investigaci%C3%B3n/x9s6EAAAQBAJ?hl=es-419&gbpv=1&dq=metodologia+de+investigacion+tipos&printsec=frontcover

ROMERO, Giomar, Uso de depósito de material excedente (DME's) y su impacto en la gestión vial. [En línea] 2019. [consultado 11 mayo 2023.] Disponible en: <https://es.linkedin.com/pulse/uso-de-dep%C3%B3sitos-material-excedente-dmes-y-su-impacto-giomar-romero>

SAFIN, Saeed, 2020. Evaluating the Uses of Concrete Demolishing Waste in improving the Geotechnical Properties of Expansive Soil. Journal of Engineering [en línea], vol. 26, no. 7, July. Doi.org/10.31026/j.eng.2020.07. Disponible en:
[https://neptjournal.com/upload-images/\(34\)B-3842.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/(34)B-3842.pdf)

SANGEETHA, S.P. et al., 2022. Use of Recycled Construction and Demolition (C&D) Wastes in Soil Stabilization. Nature Environment and Pollution Technology [en línea], vol. 21, no. 2, pp. 727 – 732. p-ISSN: 0972-6268, e-ISSN: 2395-3454. Doi.org/10.46488/NEPT.2022v21i02.034. Disponible en:
[https://neptjournal.com/upload-images/\(34\)B-3842.pdf](https://neptjournal.com/upload-images/(34)B-3842.pdf)

SANTOS Marián, David et al. Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición. [En línea] 2011. [consultado 14 de 04 de 2023.] Disponible en:
<https://libreria.fundacionlaboral.org/extpublicaciones/gestionresiduos2.pdf>

TOLEDO, Neftali. Técnicas de la investigación Cualitativa y Cuantitativas. [En línea] 2020. [consultado 10 junio 2023.] Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/80531608.pdf>

VALERIANO, Flore de María. "Efectos de la Utilización de Residuos de Construcción en las Propiedades del Suelo para Subrasante". Huancayo, Perú: Universidad Peruana los Andes, 2022. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniera Civil. Disponible en:
<https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/4946>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de operacionalización de variables

Título: Mejoramiento de propiedades del suelo de fundacion de la carretera Villa Libertad - Promuvi XI usando residuos de concreto, Moquegua, 2023.						
Autor: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos.						
VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSION	INDICADORES	ESCALA	METODOLOGIA
VI Estabilización con Residuo de Concreto	El residuo de concreto son materiales procedentes de demoliciones de edificaciones, pavimentos que contienen de estructuras y elementos que están elaborados por concreto, también puede ser de concreto sobrante en los procesos de construcción donde se considera como residuos.	Esta variable se encarga de la muestra de dosificación que se añadirá en un porcentaje de 10%, 15% y 20% de residuos de concreto en los ensayos de laboratorio.	Dosificación en laboratorio	5% Residuo de Concreto	Razón	Tipo de investigación Aplicada Tipo de Investigación Tipo Aplicada Enfoque de Investigación Cuantitativo Diseño de Investigación Experimental Nivel de Investigación Explicativo
				10% Residuo de Concreto	Razón	
				15% Residuo de Concreto	Razón	
VD Mejoramiento de la subrasante	La rigidez se encarga de medir la resistencia a deformaciones elásticas que genera un material, es una medida cuantitativa que mide la capacidad que tiene una estructura para soportar esfuerzos sin que consiga deformarse.	Esta variable se encarga de aumentar la capacidad portante y de igual manera disminuir la plasticidad y humedad de la subrasante.	Propiedades físicas y mecánicas del suelo	CBR	Razón	
				Límites de consistencia	Razón	
				Espesor de Estabilización	Razón	

Anexo 2. Matriz de consistencia

Título: Mejoramiento de propiedades del suelo de fundación de la carretera Villa Libertad - Promuvi XI usando residuos de concreto, Moquegua, 2023

Autoras: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Instrumentos	Metodología
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	Independiente				
Los suelos de subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI están compuestos por suelos finos de tipología arcillosos y limosos, los mismos que son plásticos y con reducida resistencia, lo que provoca deformaciones en la superficie e impide el normal paso del tránsito vehicular afectando a los usuarios de la vía. ¿De qué manera influye la incorporación de residuos de concreto en el mejoramiento de las propiedades del suelo en la subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua?	Mejorar las propiedades fundamentales del suelo en la subrasante de la carretera Villa Libertad - Promuvi XI en el departamento de Moquegua	La incorporación de residuos de concreto en dosificaciones adecuadas mejoraría las propiedades del suelo de subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua	Residuos de Concreto	Dosificación	Suelo natural + 5% de Residuo de Concreto Suelo natural + 10% de Residuo de Concreto Suelo natural + 15% de Residuo de Concreto	Laboratorio	Tipo de investigación Aplicada Enfoque de investigación Cuantitativo
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	Dependiente				
De acuerdo al estudio de antecedentes se tiene que, los suelos que componen la subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua están compuestos de suelos tipo CL y ML, los mismos que presentan una deficiente capacidad de soporte. ¿Cómo influye la incorporación de residuos de concreto en la capacidad de soporte de los suelos en la subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI en el departamento de Moquegua?	Elevar la capacidad de soporte de los suelos blandos en la subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua	La dosificación de residuos de concreto elevaría la capacidad de soporte de los suelos			CBR	Equipos de laboratorio	El diseño de la investigación Experimental El nivel de la investigación: Explicativo Población: Carretera Villa Libertad - Promuvi XI
De acuerdo a la caracterización de los suelos finos de la fundación de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua, se tiene que los límites de consistencia tienen valores elevados incumpliendo las Especificaciones Técnicas del Manual de Carreteras del MTC. ¿En qué medida la incorporación de residuos de concreto reduciría los límites de consistencia de los suelos finos de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua?	Reducir la plasticidad de los suelos en la subrasante de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua	Incorporando residuos de concreto al suelo de subrasante se reduciría la plasticidad de los suelos blandos de fundación de la Carretera Villa Libertad - Promuvi XI ubicado en el departamento de Moquegua	Rigidez de la Subrasante	Propiedades físicas y mecánicas del suelo de subrasante	Límites de Consistencia	Equipos de laboratorio	Muestra: 3 Calicatas de 1.5m de profundidad en la carretera Villa Libertad - Promuvi XI Muestreo: No probabilístico
Según el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) como procedimiento complementario a la dosificación adecuada del aditivo estabilizador, es necesario conocer el espesor de capa por intervenir, analizando la fundación completa del pavimento. ¿Empleando el concepto de la rigidez equivalente cual sería el espesor adecuado por estabilizar, considerando los principios de diseño de pavimento AASHTO1993?	Diseñar el espesor de estabilización de suelos dosificando residuos de concreto, siguiendo los principios de la rigidez equivalente y el diseño de pavimentos AASHTO1993.	Una metodología adecuada para estimar el espesor de estabilización con residuos de concreto sería considerando el concepto de la rigidez equivalente.			Espesor de Estabilización	Equipos de laboratorio	

Anexo 3. Instrumentos de recolección de datos

Los espesores de materiales inapropiados que deben ser eliminados y las secciones reservadas para la extracción de ciertos tipos de agregados.

FICHA DE INVENTARIO DE CANTERAS CAUCAZA

DENOMINACIÓN DE CANTERA: CAUCAZA N° 01
CAUCAZA

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA CÓDIGO: Cn-01

LOCALIZACIÓN	
CARRETERA:	<u>VILLA LIBERTAD - PROMUVIX</u>
TRAMO:	<u>Km 0+500</u>
KM O REFERENCIA:	<u>Km 0+500</u>
LADO:	<u>-</u>
DISTANCIA AL EJE O REFERENCIA:	<u>500 m</u>

ACCESO	
PAVIMENTO:	<input type="checkbox"/>
AFIRMADO:	<input checked="" type="checkbox"/>
TROCHA:	<input type="checkbox"/>
SENDERO:	<input type="checkbox"/>
SIN ACCESO:	<input type="checkbox"/>

PAVIMENTO	
PRIVADA:	<input type="checkbox"/>
PÚBLICA:	<input checked="" type="checkbox"/>
MTC:	<input type="checkbox"/>

Ubicación de Cantera (Concoordenadas UTM- WGS84).
CAUCAZA

254835 - Este
8046394 - Norte

Los espesores de materiales inapropiados que deben ser eliminados y las secciones reservadas para la extracción de ciertos tipos de agregados.

FICHA DE INVENTARIO DE CANTERAS CAUCAZA

DENOMINACIÓN DE CANTERA: CAUCAZA N° 02
CAUCAZA

DEPARTAMENTO: MOQUEGUA CÓDIGO: Cn-02

LOCALIZACIÓN	
CARRETERA:	<u>VILLA LIBERTAD - PROMUVIX</u>
TRAMO:	<u>Km 0+000 a 2+000 Km</u>
KM O REFERENCIA:	<u>Km 1+000</u>
LADO:	<u>-</u>
DISTANCIA AL EJE O REFERENCIA:	<u>1000 m</u>

ACCESO	
PAVIMENTO:	<input type="checkbox"/>
AFIRMADO:	<input checked="" type="checkbox"/>
TROCHA:	<input type="checkbox"/>
SENDERO:	<input type="checkbox"/>
SIN ACCESO:	<input type="checkbox"/>

PAVIMENTO	
PRIVADA:	<input type="checkbox"/>
PÚBLICA:	<input checked="" type="checkbox"/>
MTC:	<input type="checkbox"/>

Ubicación de Cantera (Concoordenadas UTM- WGS84).
CAUCAZA

255237 - Este
8046376 - Norte

Los espesores de materiales inapropiados que deben ser eliminados y las secciones reservadas para la extracción de ciertos tipos de agregados.

FICHA DE INVENTARIO DE CANTERAS ~~COLICATA~~

DENOMINACIÓN DE CANTERA: ~~COLICATA~~ COLICATA N° 03
DEPARTAMENTO: MAGUAY CÓDIGO: Cn-03

LOCALIZACIÓN	
CARRERA:	<u>VILVA LIRELDO - PICHUJI XI</u>
TRAMO:	<u>Km 0+000 a Km 2+000</u>
KM O REFERENCIA:	<u>Km 1+500</u>
LADO:	<u>-</u>
DISTANCIA AL EJE O REFERENCIA:	<u>1500 m</u>

Ubicación de Canteras (Concoordinadas UTM-WGS84).
<u>COLICATA</u>
<u>2535606 - Este</u>
<u>8046366 - Norte</u>

ACCESO	
PAVIMENTO:	<input type="checkbox"/>
AFIRMADO:	<input checked="" type="checkbox"/>
TROCHA:	<input type="checkbox"/>
SENDERO:	<input type="checkbox"/>
SIN ACCESO:	<input type="checkbox"/>

PAVIMENTO	
PRIVADA:	<input type="checkbox"/>
PÚBLICA:	<input checked="" type="checkbox"/>
MTC:	<input type="checkbox"/>

Anexo 4. Panel fotográfico



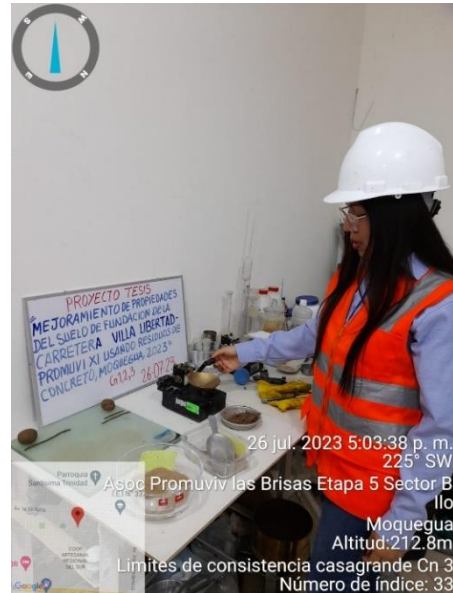
Universidad César Vallejo

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



Fotografía 1. Reconocimiento del Tramo de Estudio.



Fotografía 2. Reconocimiento de Deposito de Material Excedente.



Fotografía 3. Excavación de la Calicata 1.



Fotografía 4. Identificación de profundidad de la Calicata 1.



Fotografía 5. Coordenadas UTM de la Calicata 1.



Fotografía 6. Extracción de la muestra de la calicata 1.



Fotografía 7. Excavación de la Calicata 2.



Fotografía 8. Identificación de profundidad de la Calicata 2.



Fotografía 9. Coordenadas UTM de la Calicata 2.



Fotografía 10. Extracción de la muestra de la calicata 2.



Fotografía 11. Excavación de la Calicata 3.



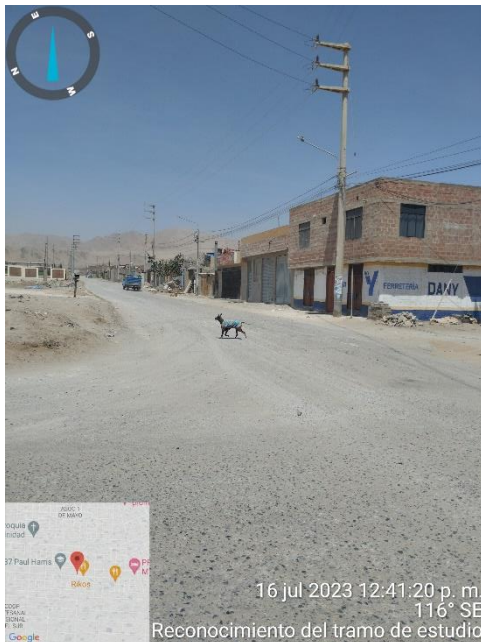
Fotografía 12. Identificación de profundidad de la Calicata 3.



Fotografía 13. Coordenadas UTM de la Calicata 3.



Fotografía 14. Extracción de la muestra de la calicata 3.



Fotografía 15. Inicio del Tramo de Estudio.



Fotografía 16. Final del Tramo de Estudio



Fotografía 17. Cuarteo de las muestras de las Calicatas 1,2 y 3.



Fotografía 18. Bandeja para el uso de la Granulometría.



Fotografía 19. Balanza para el uso de la Granulometría.



Fotografía 20. Tamices para el uso de la Granulometría.



Fotografía 21. Proceso de la Granulometría de la muestra patrón.



Fotografía 22. Peso de la muestra patrón para la Granulometría.



Fotografía 23. Granulometría de la muestra patrón.



Fotografía 24. Ubicación de la muestra de Residuos de Concreto.



Fotografía 25. Recojo de la muestra de Residuo de Concreto.



Fotografía 26. Traslado de la muestra de Residuo de Concreto.



Fotografía 27. Triturado manual de Residuo de Concreto.



Fotografía 28. Granulometría de Residuo de Concreto.



Fotografía 29. Dosificación de las muestras.



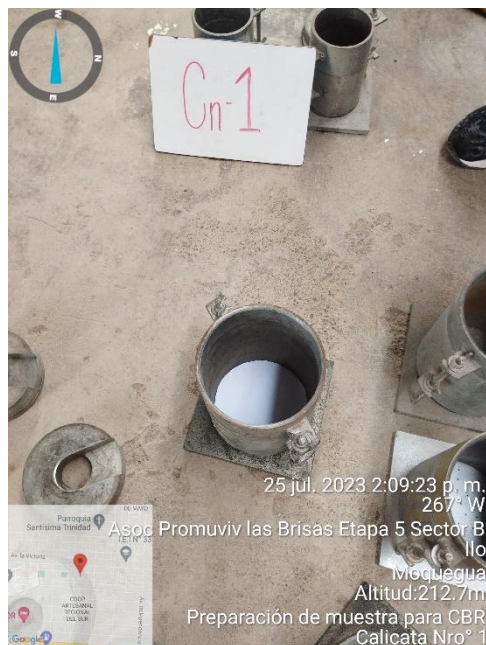
Fotografía 30. Incorporación de las muestras.



Fotografía 31. Incorporación de agua en las muestras.



Fotografía 32. Mezclado de las muestras.



Fotografía 33. Molde para Proctor Modificado.



Fotografía 34. Incorporación de la muestra en el molde.



Fotografía 35. Ensayo de Compactación Proctor.



Fotografía 36. Utilización de enrazador en el molde.



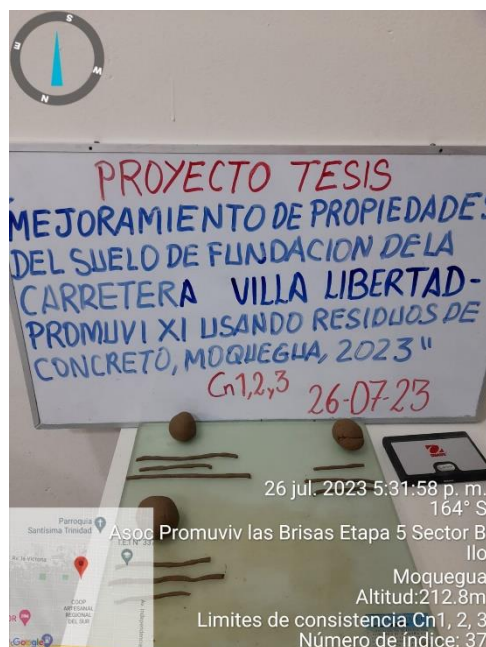
Fotografía 37. Colocación de disco espaciador en el molde.



Fotografía 38. Identificación de la muestra.



Fotografía 39. Muestra sumergido en agua por tres días.



Fotografía 40. Ensayo de Limite Plástico.



Fotografía 41. Ensayo de Limite Líquido.



Fotografía 42. Utilización de la Cuchara de Casagrande.



Fotografía 43. Prensa de California Bearing Ratio (CBR).



Fotografía 44. Ensayo de California Bearing Ratio (CBR).

Anexo 5. Certificados de laboratorio de los ensayos

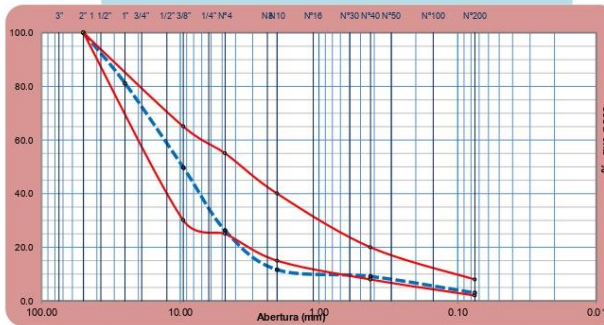
 <b style="font-size: 1.2em;">GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L. Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto						
Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz-83, Lt-17						
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"					
UBICACIÓN	: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de Moquegua					
SOLICITANTE	: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos					
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO					
CALICATA	: Material de Residuos de Concreto Moldo					
FECHA	viernes, 13 de Octubre de 2023	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="font-size: 0.8em;">FECHA MUESTREO</td> <td style="font-size: 0.8em;">23/07/2023</td> </tr> <tr> <td style="font-size: 0.8em;">FECHA DE ENSAYO</td> <td style="font-size: 0.8em;">24/07/2023</td> </tr> </table>	FECHA MUESTREO	23/07/2023	FECHA DE ENSAYO	24/07/2023
FECHA MUESTREO	23/07/2023					
FECHA DE ENSAYO	24/07/2023					

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación A ASTM M-147		Descripción de la Muestra
								Peso Reten. # 4 : 3080.00 gr.
								Peso Past. # 4 : 1097.00 gr.
								Limite de consistencia
3"	75.000				100.00			L.L. : 25.83 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00			L.P. : 18.45 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00			I.P. : 7.38 %
1"	25.000	790.00	18.91	18.91	81.09	100	100	Clasificación
3/4"	19.000	460.00	11.01	29.93	70.07			AASHTO : A-2-4 (0)
3/8"	9.500	850.00	20.35	50.28	49.72	30	65	SUCS : GW
Nº4	4.750	980.00	23.46	73.74	26.26	25	55	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	611.00	14.63	88.36	11.64	15	40	D10 : 0.80
Nº 20	0.840	64.00	1.53	89.90	10.10			D30 : 5.51
Nº 40	0.425	41.00	0.98	90.88	9.12	8	20	D60 : 14.30
Nº 60	0.250	21.00	0.50	91.38	8.62			Cc : 2.66
Nº 100	0.150	95.00	2.27	93.66	6.34			Cu : 17.95
Nº 200	0.075	140.00	3.35	97.01	2.99	2	8	% de Grava : 73.737 %
Fondo		125.00	2.99	100.00				% de Arena : 23.270 %
TOTAL		4177.00	100.00					% de Finos : 2.99 %

CURVA GRANULOMETRICA



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 Ing. Romel Chuguanes Ay
 CIP N. 10442
 Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO. DE SUELOS	APROBADO POR:
--	---	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz-83, Lt-17

OBRA

UBICACIÓN

SOLICITANTE

UNIVERSIDAD

MUESTRA

FECHA

"MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de Moquegua

Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

C-n1 Material Propio (PATRON)

jueves, 12 de Octubre de 2023

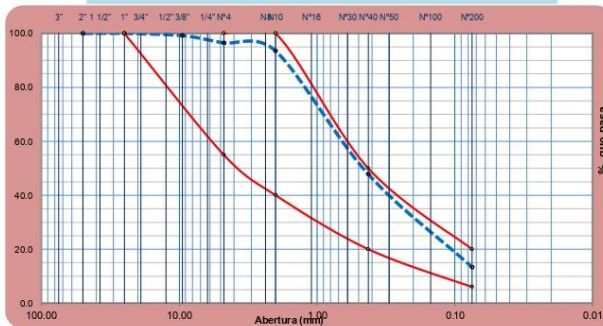
FECHA MUESTREO	C-n1 (19/07/2023)
FECHA DE ENSAYO	C-n1 (22/07/2023)

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación E ASTM M-147	Descripción de la Muestra
							Peso Reten. # 4 : 279.00 gr.
							Peso Past. # 4 : 7681.00 gr.
							Limite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 26.84 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 13.50 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 13.35 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Clasificación
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00		AASHTO : A-6
3/8"	9.500	65.00	0.82	0.82	99.18	100 100	SUCS : CL
Nº4	4.750	214.00	2.69	3.51	96.49	55 100	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	238.00	2.99	6.49	93.51	40 100	D10 : 0.08
Nº20	0.840	614.00	7.71	14.21	85.79		D30 : 0.17
Nº40	0.425	3,025.00	38.00	52.21	47.79	20 50	D60 : 0.56
Nº60	0.250	465.00	5.84	58.05	41.95		Cc : 0.65
Nº100	0.150	1,125.00	14.13	72.19	27.81		Cu : 7.44
Nº200	0.075	1,150.00	14.45	86.63	13.37	6 20	% de Grava : 3.505 %
Fondo		1,064.00	13.37	100.00			% de Arena : 83.128 %
TOTAL		7960.00	100.00				% de Finos : 13.37 %

CURVA GRANULOMETRICA



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Pari Nina
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Román Chuguaná
Ing. Román Chuguaná
CIP N.º 10722
Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR: GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO. DE SUELOS	APROBADO POR:
---	---	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma83, Lt-17

OBRA "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de Moquegua

SOLICITANTE Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA C-n1 Material Propio (PATRON)

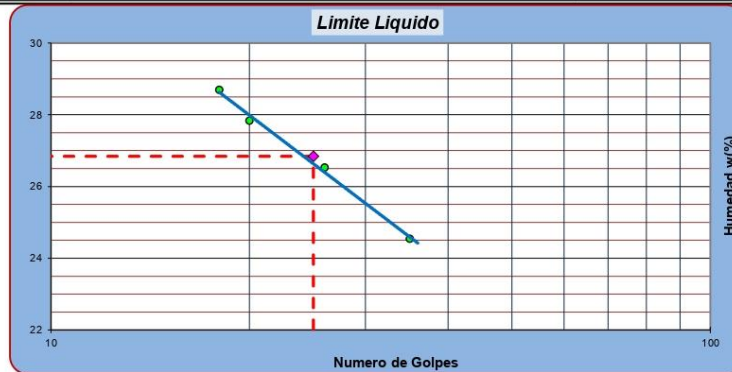
FECHA jueves, 12 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	C-n1 (19/07/2023)
FECHA DE ENSAYO	C-n1 (22/07/2023)

LIMITES DE CONSISTENCIA

ASTM D 4318, MTC E-110-111

Determinación del Limite Plástico		ASTM D-4318, AASHTO T-90		
ENSAYO N°	01	02	03	
Recipiente N°	10	11	12	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.74	29.19	29.91	
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.72	29.06	29.60	
Peso de agua	0.25	0.13	0.31	
Peso Recipiente	28.10	27.70	27.60	
Peso de Suelo Seco	1.62	1.36	2.00	
% de Humedad	15.43	9.56	15.50	
Limite Plástico (%)	13.50			
Determinación del Limite Liquido		ASTM D-4318, AASHTO T-89		
ENSAYO N°	01	02	03	04
Recipiente N°	10	16	14	12
Numero de Golpes	20	18	35	26
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.20	45.96	41.50	46.42
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.50	42.00	38.80	42.60
Peso de agua	2.70	3.96	2.70	3.82
Peso Recipiente	27.80	28.20	27.80	28.20
Peso de Suelo Seco	9.70	13.80	11.00	14.40
% de Humedad	27.84	28.70	24.55	26.53
Limite Liquido (%)	26.84			
Indice de Plasticidad (%)	13.35			



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

German Pari Nina

GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Ing. Rommel Churruarín Ayala
CIP N° 10242

Jefe de Laboratorio de Suelos

LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
LABORATORIO GEOTECNIA
PERÚ - OYAYBAY



REALIZADO POR: GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
--	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma.83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA: C-n1 Matenal Propio (PATRON)

FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

Molde N°	1		2		3	
Altura del Molde (mm)	1.30		1.35		1.30	
N° de Golpes por Capa	12		25		56	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12.280.10		12.410.21		12.510.15	
Peso de molde (g)	7.719.15		7.820.50		7.661.10	
Peso del suelo húmedo (g)	4.560.95		4.589.71		4.849.05	
Volumen del molde (cm3)	2.119.55		2.077.20		2.091.10	
Densidad húmeda (g/cm3)	2.15		2.21		2.32	
Contenido de humedad (%)	6.99		6.43		7.01	
Densidad seca (g/cm3)	2.011		2.076		2.167	
Tara (N°)	1		2		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	512.50		529.15		546.02	
Peso suelo seco + tara (g)	479.00		497.20		510.25	
Peso de agua (g)	33.50		31.95		35.77	
Peso de tara (g)	0.00		0.00		0.00	
Peso de suelo seco (g)	479.00		497.20		510.25	
Contenido de humedad (%)	6.99		6.43		7.01	
Promedio de humedad	6.99		6.43		7.01	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/07/2023	9:15 a. m.	24	2.62	0.01	0.01	2.82	0.01	0.01	3.46	0.01	0.01
28/07/2023	9:20 a. m.	48	2.62	0.01	0.01	2.82	0.01	0.01	3.46	0.01	0.01
28/07/2023	9:25 a. m.	72	2.63	0.01	0.01	2.83	0.01	0.01	3.46	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración	Molde N°			4			Molde N°			9			Molde N°			12		
	Nro.	mm.	pulg.	Valores			Lectura	Valores			Lectura	Valores			Lectura	Valores		
				KN	Kg	Kg/cm2		KN	Kg	Kg/cm2		KN	Kg	Kg/cm2		KN	Kg	Kg/cm2
1.0	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
2.0	0.635	0.025	0.195	19.88	0.94	0.261	26.61	1.25	0.370	37.73	1.78	0.650	66.28	3.12	0.890	90.76	4.27	
3.0	1.270	0.050	0.375	38.24	1.80	0.490	49.97	2.35	0.650	66.28	3.12	0.890	90.76	4.27	1.120	114.21	5.38	
4.0	1.905	0.075	0.560	57.10	2.69	0.699	71.28	3.36	0.890	90.76	4.27	1.120	114.21	5.38	1.320	134.60	6.34	
5.0	2.540	0.100	0.745	75.97	3.58	0.901	91.88	4.32	1.120	114.21	5.38	1.320	134.60	6.34	1.490	151.94	7.15	
6.0	3.175	0.125	0.905	92.28	4.34	1.095	111.66	5.26	1.320	134.60	6.34	1.490	151.94	7.15	1.520	155.00	7.30	
7.0	3.810	0.150	1.064	108.50	5.11	1.256	128.08	6.03	1.490	151.94	7.15	1.520	155.00	7.30	1.740	177.43	8.35	
8.0	5.080	0.200	1.325	135.11	6.36	1.520	155.00	7.30	1.740	177.43	8.35	1.981	202.01	9.51				
9.0	7.620	0.300	1.520	155.00	7.30	1.792	182.73	8.60	1.981	202.01	9.51							

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMANI PARININA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Ing. Roman Chirinos Ayala
CIP 10000
Jefe de Laboratorio de Suelos
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTO
GEOTECNIA
PERU - Oroya





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE: : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD: : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

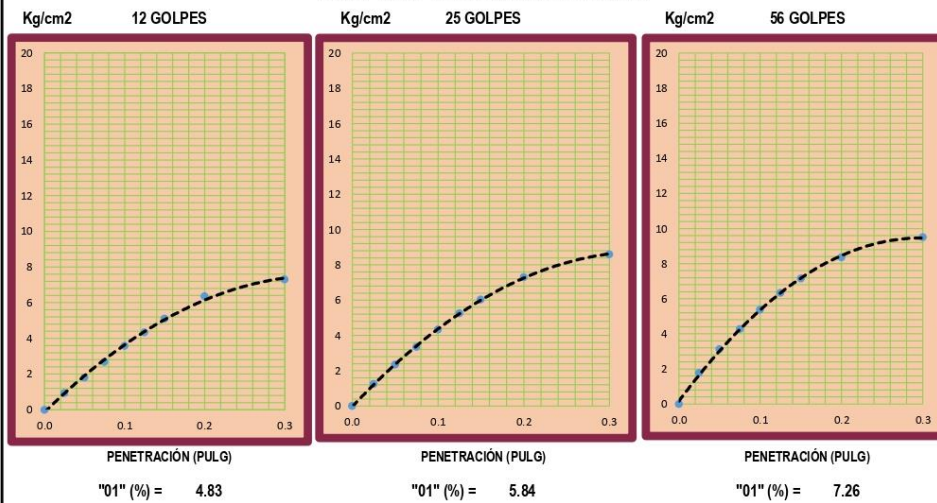
MUESTRA: : C-n1 Material Propio (PATRON)

FECHA: : jueves, 12 de Octubre de 2023

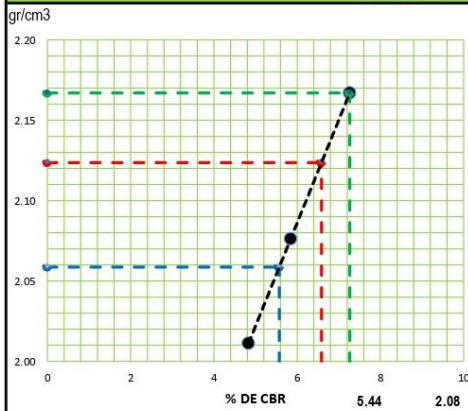
ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR



DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.167	gr/cm3
Optimo humedad:	7.01	%

CBR AL	DENSIDAD gr/cm3	INDICE CBR %
95%	2.06	5.57
98%	2.12	6.59
100%	2.17	7.26

OBSERVACIONES

Material Provenientes de las 3 Calcatas de la Carretera Villa Libertad Promuvi XI.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI-NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto





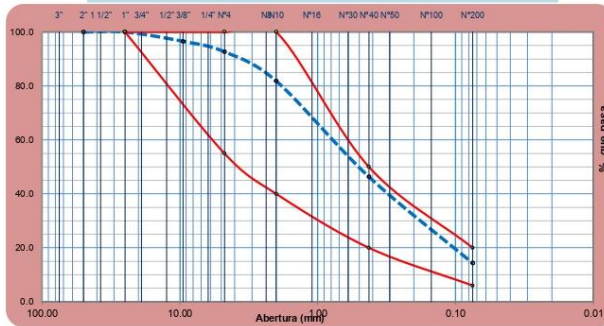
PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"			
UBICACIÓN	: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA			
SOLICITANTE	: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos			
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO			
CALICATA	: CALICATA C-n1 mas adición de 5% de residuos de concreto		FECHA MUESTREO	19/07/2023
FECHA	: Jueves, 12 de Octubre de 2023		FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación E ASTM M-147	Descripción de la Muestra
							Peso Reten. # 4 : 405.00 gr.
							Peso Past. # 4 : 5124.00 gr.
							Limite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 26.08 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 15.52 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 10.56 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Clasificación
3/4"	19.000	45.00	0.81	0.81	99.19		AASHTO : A-6
3/8"	9.500	145.00	2.62	3.44	96.56	100 100	SUCS : SC-CL
Nº4	4.750	215.00	3.89	7.33	92.67	55 100	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	600.00	10.85	18.18	81.82	40 100	D10 : 0.08
Nº 20	0.840	403.00	7.29	25.47	74.53		D30 : 0.17
Nº 40	0.425	1,560.00	28.21	53.68	46.32	20 50	D60 : 0.63
Nº 60	0.250	281.00	5.08	58.76	41.24		Cc : 0.59
Nº 100	0.150	745.00	13.47	72.24	27.76		Cu : 8.35
Nº 200	0.075	745.00	13.47	85.71	14.29	6 20	% de Grava : 7.325 %
Fondo		790.00	14.29	100.00			% de Arena : 78.387 %
TOTAL		5529.00	100.00				% de Finos : 14.29 %

CURVA GRANULOMETRICA



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Pari Nina
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Román Chuzuyé
Ing. Román Chuzuyé
CIPN 10722
Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
--	---	----------------------



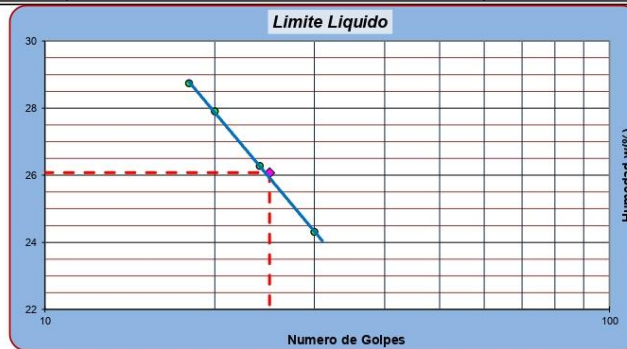
Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Mz83, Lt-17

OBRA : "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"
UBICACIÓN : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA
SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adición de 5% de residuos de concreto
FECHA : jueves, 12 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	19/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318, MTC E-110-111

Determinación del Límite Plástico				ASTM D-4318, AASHTO T-90			
ENSAYO N°	01	02	03				
Recipiente N°	5	6	7				
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.72	29.11	29.85				
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.85	28.95	29.47				
Peso de agua	0.25	0.16	0.38				
Peso Recipiente	28.10	27.80	27.40				
Peso de Suelo Seco	1.75	1.15	2.07				
% de Humedad	14.29	13.91	18.36				
Límite Plástico (%)	15.52						
Determinación del Límite Líquido				ASTM D-4318, AASHTO T-89			
ENSAYO N°	01	02	03	04			
Recipiente N°	10	16	14	12			
Numero de Golpes	20	18	30	24			
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.21	45.97	41.50	46.41			
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.50	42.00	38.82	42.62			
Peso de agua	2.71	3.97	2.68	3.79			
Peso Recipiente	27.79	28.19	27.80	28.20			
Peso de Suelo Seco	9.71	13.81	11.02	14.42			
% de Humedad	27.91	28.75	24.32	26.28			
Límite Líquido (%)	26.08						
Índice de Plasticidad (%)	10.56						



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Pari Nina
GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROVADO POR:
---	--	---------------



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto

Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, Lt-17



PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adicon de 5% de residuos de concreto

FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

FECHA ENSAYO

viernes, 28 de Julio de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

Molde N°	1	2	3
Altura del Molde (mm)	1.31	1.34	1.32
N° de Golpes por Capa	12	25	56
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12.285.40	12.420.30	12.504.60
Peso de molde (g)	7.718.00	7.822.00	7.682.40
Peso del suelo húmedo (g)	4.567.40	4.598.30	4.822.20
Volumen del molde (cm3)	2.119.56	2.077.22	2.091.04
Densidad húmeda (g/cm3)	2.15	2.21	2.31
Contenido de humedad (%)	6.95	6.40	7.05
Densidad seca (g/cm3)	2.015	2.081	2.154
Tara (N°)	1	2	3
Peso suelo húmedo + tara (g)	512.31	529.01	546.50
Peso suelo seco + tara (g)	479.01	497.19	510.49
Peso de agua (g)	33.30	31.82	36.01
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00
Peso de suelo seco (g)	479.01	497.19	510.49
Contenido de humedad (%)	6.95	6.40	7.05
Promedio de humedad	6.95	6.40	7.05

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/07/2023	10:05 a. m.	24	2.65	0.01	0.01	3.87	0.01	0.01	2.95	0.01	0.01
28/07/2023	10:11 a. m.	48	2.65	0.01	0.01	3.87	0.01	0.01	2.951	0.01	0.01
28/07/2023	10:19 a. m.	72	2.66	0.01	0.01	3.88	0.01	0.01	2.952	0.01	0.01

PENETRACION

Penetración	Molde N° 4					Molde N° 9			Molde N° 12		
	Nro.	mm.	pulg.	Valores		Lectura	Valores		Lectura	Valores	
				KN	Kg		Kg/cm2	KN		Kg	Kg/cm2
1,0	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2,0	0.635	0.025	0.520	53.03	2.50	0.670	68.32	3.22	0.820	83.62	3.94
3,0	1.270	0.050	1.090	111.15	5.23	1.300	132.56	6.24	1.570	160.10	7.54
4,0	1.905	0.075	1.590	162.14	7.63	1.900	193.75	9.12	2.200	224.34	10.56
5,0	2.540	0.100	2.050	209.04	9.84	2.350	239.63	11.28	2.750	280.42	13.20
6,0	3.175	0.125	2.450	249.83	11.76	2.790	284.50	13.39	3.190	325.29	15.31
7,0	3.810	0.150	2.810	286.54	13.49	3.120	318.15	14.98	3.550	362.00	17.04
8,0	5.080	0.200	3.250	331.41	15.60	3.550	362.00	17.04	3.975	405.34	19.08
9,0	7.620	0.300	3.590	366.08	17.23	3.850	392.59	18.48	4.200	428.28	20.16

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI-NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA: CALICATA C-n1 mas adición de 5% de residuos de concreto

FECHA ENSAYO: viernes, 28 de Julio de 2023

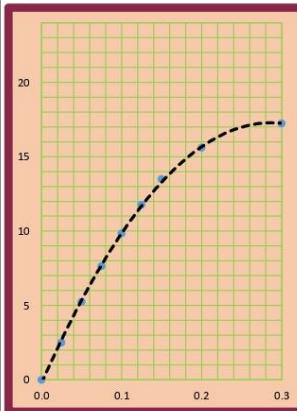
FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR

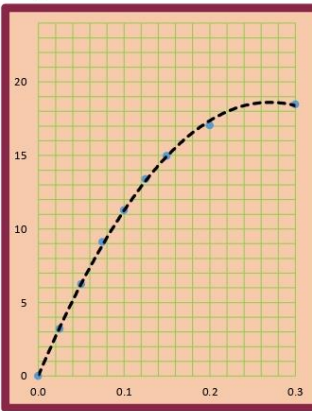
Kg/cm² 12 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 13.30

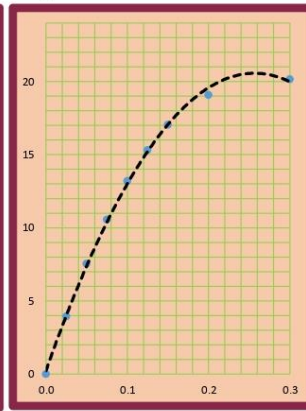
Kg/cm² 25 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 15.24

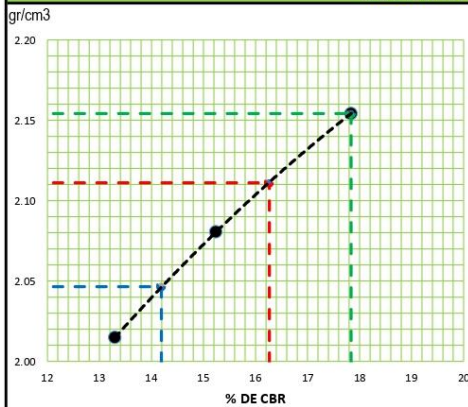
Kg/cm² 56 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 17.84

DETERMINACION DE CBR



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.154	gr/cm ³
Optimo humedad:	7.05	%

CBR AL	DENSIDAD gr/cm ³	INDICE CBR %
95%	2.05	14.19
98%	2.11	16.27
100%	2.15	17.84

OBSERVACIONES

Material Provenientes de las 3 Calicatas de la Carretera Villa Libertad Promuvi XI, realizados en nuestro laboratorio.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Ing. Rommel Chusquis Ayta
CIP N. 1026
Jefe de Laboratorio de Suelos
LABORATORIO DE SUELOS CONCRETO Y GEOTECNIA
MOQUEGUA - PERU - OTAVAS





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz-83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adición de 5% de residuos de concreto

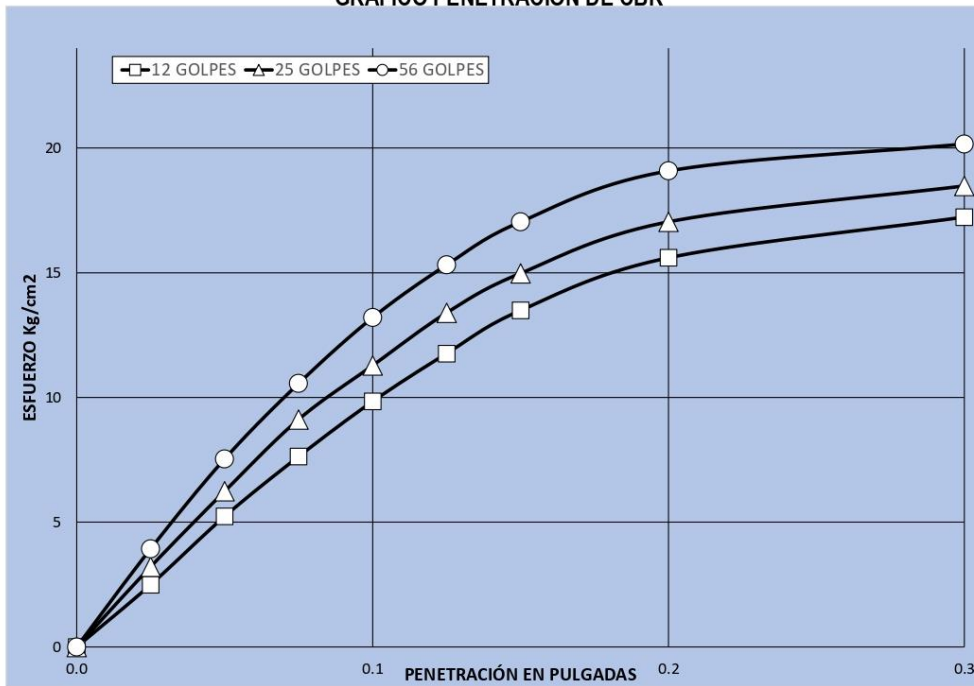
FECHA ENSAYO : viernes, 28 de Julio de 2023

FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR



12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			CBR DE DISEÑO		
DENSIDAD SECA	2.015	gr/cm ²	DENSIDAD SECA	2.081	gr/cm ²	DENSIDAD SECA	2.154	gr/cm ²	CBR AL 100%	17.84	%
CBR a 0.1"	13.99	%	CBR a 0.1"	16.04	%	CBR a 0.1"	18.77	%	CBR AL 98%	16.27	%
CBR a 0.2"	11.47	%	CBR a 0.2"	12.53	%	CBR a 0.2"	14.03	%	CBR AL 95%	14.19	%

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 GERMAN PARININA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Ronald Chusquea Ayala
 CIP N° 10742
 Jefe de Laboratorio de Suelos





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma-83, Lt-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"
UBICACIÓN : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA
SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos
UBNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
CANTERA : C-n1, mas Adicion de 10% Residuos de Concreto Molido
FECHA : jueves, 12 de Octubre de 2023

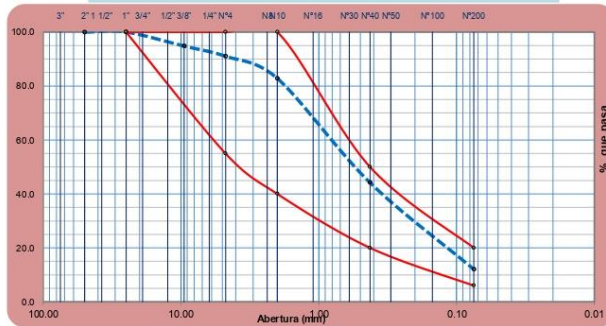
FECHA MUESTREO : 19/07/2023
FECHA DE ENSAYO : 22/07/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación E ASTM M-147	Descripción de la Muestra	
							Peso Reten. #4 : 450.00 gr.	
							Peso Past. #4 : 4566.00 gr.	
							Limite de consistencia	
3"	75.000				100.00		LL. : 24.97 %	
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 16.29 %	
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 8.68 %	
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Clasificación	
3/4"	19.000	65.00	1.30	1.30	98.70		AASHTO : A-2-4/A-6	
3/8"	9.500	195.00	3.89	5.18	94.82	100	SUCS : CL-SM	
Nº4	4.750	190.00	3.79	8.97	91.03	55	Humedad : 1.16 %	
Nº10	2.000	411.00	8.19	17.17	82.83	40	D10 : 0.08	
Nº 20	0.840	459.00	9.15	26.32	73.68		D30 : 0.18	
Nº 40	0.425	1,480.00	29.51	55.82	44.18	20	D60 : 0.65	
Nº 60	0.250	241.00	4.80	60.63	39.37		Cc : 0.69	
Nº 100	0.150	705.00	14.06	74.68	25.32		Cu : 8.63	
Nº 200	0.075	665.00	13.26	87.94	12.06	6	20	% de Grava : 8.971 %
Fondo		605.00	12.06	100.00				% de Arena : 78.967 %
TOTAL		5016.00	100.00					% de Finos : 12.06 %

CURVA GRANULOMETRICA



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Ing. Rommel Cruzado Ayala
CIP No. 10422
Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROBADO POR:
---	--	---------------



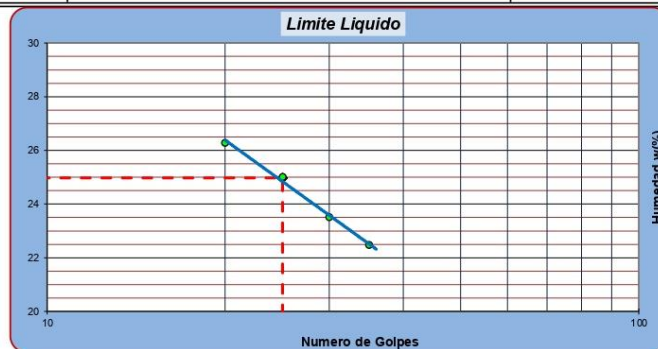
Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz83, Lt-17

PROYECTO : "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"
 UBICACIÓN : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalámbrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA
 SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos
 UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
 MUESTRA : C-n1, mas Adición de 10% Residuos de Concreto Molido
 FECHA : jueves, 12 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO : 19/07/2023
 FECHA DE ENSAYO : 22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTMD 4318, MTC E-110-111

Determinación del Límite Plástico		ASTM D-4318, AASHTO T-90		
ENSAYO N°	01	02	03	
Recipiente N°	15	16	17	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.50	29.05	29.92	
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.54	28.97	29.39	
Peso de agua	0.18	0.08	0.53	
Peso Recipiente	28.11	27.71	27.62	
Peso de Suelo Seco	1.43	1.26	1.77	
% de Humedad	12.59	6.35	29.94	
Límite Plástico (%)	16.29			
Determinación del Límite Líquido		ASTM D-4318, AASHTO T-89		
ENSAYO N°	01	02	03	04
Recipiente N°	10	16	14	12
Numero de Golpes	20	25	30	35
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.06	45.46	41.44	45.95
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.51	42.01	38.85	42.69
Peso de agua	2.55	3.45	2.59	3.26
Peso Recipiente	27.81	28.22	27.84	28.19
Peso de Suelo Seco	9.70	13.79	11.01	14.50
% de Humedad	26.29	25.02	23.52	22.48
Límite Líquido (%)	24.97			
Índice de Plasticidad (%)	8.68			



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 Ing. Rommel H. Chuzupaca Ayra
 CIP N° 10462
 Jefe de Laboratorio de Suelos



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROVADO POR:
---	--	---------------

**GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.**

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"**UBICACIÓN:** Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA**SOLICITANTE:** Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos**UNIVERSIDAD:** UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO**MUESTRA:** CALICATA C-n1 mas adición de 10% de residuos de concreto**FECHA:** jueves, 12 de Octubre de 2023**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)**

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

	1		2		3	
	1.28		1.36		1.33	
Molde N°						
Altura del Molde (mm)						
N° de Golpes por Capa	12		25		56	
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,290.10		12,450.25		12,490.15	
Peso de molde (g)	7,718.50		7,822.75		7,685.59	
Peso del suelo húmedo (g)	4,571.60		4,627.50		4,804.56	
Volumen del molde (cm ³)	2,120.20		2,075.21		2,090.80	
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.16		2.23		2.30	
Contenido de humedad (%)	6.93		6.32		6.76	
Densidad seca (g/cm ³)	2.016		2.097		2.152	
Tara (N°)	1		2		3	
Peso suelo húmedo + tara (g)	512.25		528.66		545.71	
Peso suelo seco + tara (g)	479.04		497.24		511.15	
Peso de agua (g)	33.21		31.42		34.56	
Peso de tara (g)	0.00		0.00		0.00	
Peso de suelo seco (g)	479.04		497.24		511.15	
Contenido de humedad (%)	6.93		6.32		6.76	
Promedio de humedad	6.93		6.32		6.76	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/07/2023	11:00 a. m.	24	2.65	1.635	1.28	3.87	2.67	1.96	5.95	3	2.21
28/07/2023	11:17 a. m.	48	4.25	2.15	1.68	6.39	2.99	2.20	8.95	5.05	3.71
28/07/2023	11:23 a. m.	72	4.75	2.2	1.72	6.39	3.01	2.21	11	5.17	3.80
6.7											
11.65											

PENETRACIÓN

Penetración			Molde N° 4			Molde N° 9			Molde N° 12		
			LECTURA	Valores		LECTURA	Valores		LECTURA	Valores	
Nro.	mm.	pulg.	KN	Kg	Kg/cm ²	KN	Kg	Kg/cm ²	KN	Kg	Kg/cm ²
1.0	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2.0	0.635	0.025	0.810	82.60	3.89	0.970	98.91	4.66	1.200	122.37	5.76
3.0	1.270	0.050	1.600	163.16	7.68	1.830	186.61	8.78	2.100	214.14	10.08
4.0	1.905	0.075	2.300	234.54	11.04	2.570	262.07	12.34	2.870	292.66	13.78
5.0	2.540	0.100	2.900	295.72	13.92	3.150	321.21	15.12	3.570	364.04	17.14
6.0	3.175	0.125	3.400	346.70	16.32	3.750	382.40	18.00	4.149	423.08	19.91
7.0	3.810	0.150	3.800	387.49	18.24	4.250	433.38	20.40	4.650	474.17	22.32
8.0	5.080	0.200	4.250	433.38	20.40	4.750	484.37	22.80	5.300	540.45	25.44
9.0	7.620	0.300	4.500	458.87	21.60	4.950	504.76	23.76	5.600	571.04	26.88

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARHINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Ma83, Li-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA: CALICATA C-n1 mas adición de 10% de residuos de concreto

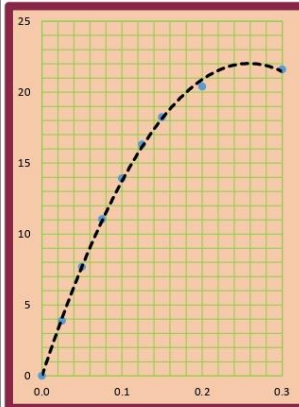
FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR

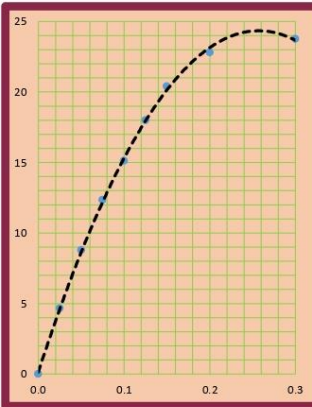
Kg/cm² 12 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 18.81

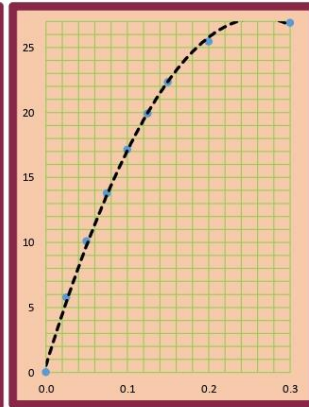
Kg/cm² 25 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 20.43

Kg/cm² 56 GOLPES

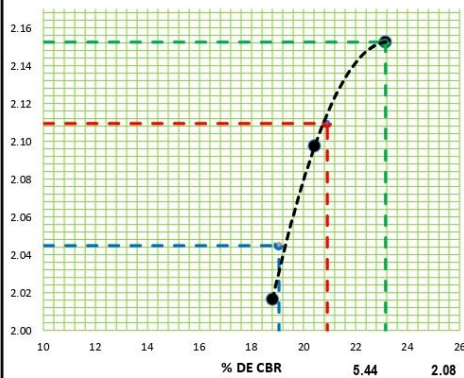


PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 23.16

DETERMINACION DE CBR

gr/cm³



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.152	gr/cm ³
Optimo humedad:	6.76	%

CBR AL 95%:	DENSIDAD gr/cm ³	INDICE CBR %
	2.04	19.06
CBR AL 98%:	DENSIDAD gr/cm ³	INDICE CBR %
	2.11	20.91
CBR AL 100%:	DENSIDAD gr/cm ³	INDICE CBR %
	2.15	23.16

OBSERVACIONES

Material Provenientes de la 3 Calicatas C-n1 de la Carretera Villa Libertad Promuvi XI.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
German Parhina
GERMAN PARHINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
LABORATORIO GEOTECNIA
Ing. Rommel Chuzas Ayala
CIP N° 10942
Jefe de Laboratorio de Suelos
MOQUEGUA - PERU - 01785





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz-83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

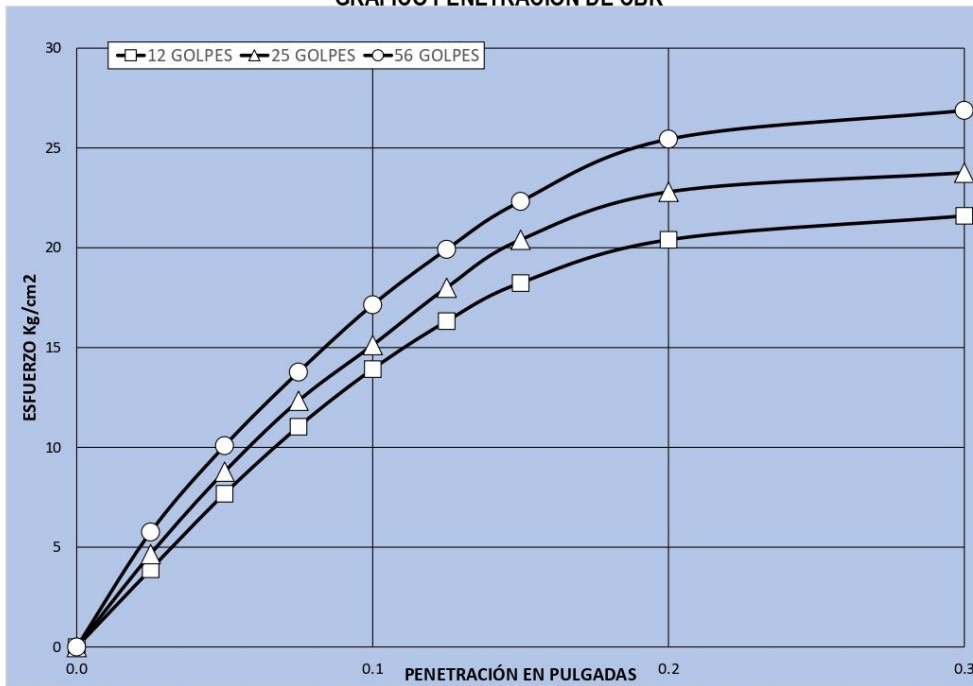
MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adición de 10% de residuos de concreto

FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR



12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			CBR DE DISEÑO		
DENSIDAD SECA	2.016	gr/cm2	DENSIDAD SECA	2.097	gr/cm2	DENSIDAD SECA	2.152	gr/cm2	CBR AL 100%	23.16	%
CBR a 0.1"	19.80	%	CBR a 0.1"	21.50	%	CBR a 0.1"	24.37	%	CBR AL 98%	20.91	%
CBR a 0.2"	15.00	%	CBR a 0.2"	16.76	%	CBR a 0.2"	18.70	%	CBR AL 95%	19.06	%

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARININA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma-83, Li-17

PROYECTO	: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"
UBICACIÓN	: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA
SOLICITANTE	: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos
UNIVERSIDAD	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA	: CALICATA C-n1 mas adicon de 15% de residuos de concreto
FECHA	: jueves, 12 de Octubre de 2023

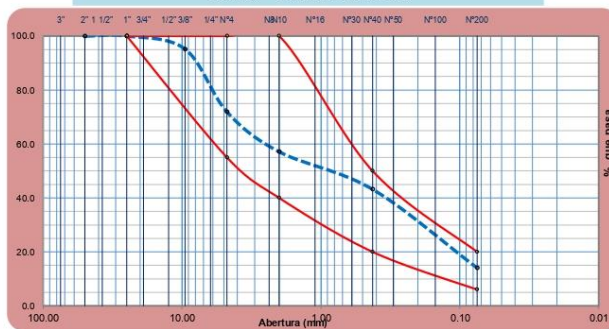
FECHA MUESTREO	19/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D 422, AASHTO T 88

Tamices ASTM	Abertura mm.	Peso Retenido (gr)	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa	Especificación E ASTM M-147	Descripción de la Muestra
							Peso Reten. #4 : 1228.00 gr.
							Peso Past. #4 : 3141.00 gr.
							Limite de consistencia
3"	75.000				100.00		L.L. : 26.84 %
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00		L.P. : 18.36 %
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00		I.P. : 8.47 %
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00		Clasificación
3/4"	19.000	45.00	1.03	1.03	98.97		AASHTO : A-1-b/A-6
3/8"	9.500	167.00	3.82	4.85	95.15	100	SUCS : SP-CL
Nº4	4.750	1,016.00	23.25	28.11	71.89	55	Humedad : 1.16 %
Nº10	2.000	646.00	14.79	42.89	57.11	40	D10 : 0.08
Nº 20	0.840	324.00	7.42	50.31	49.69		D30 : 0.17
Nº 40	0.425	284.00	6.50	56.81	43.19	20	D60 : 2.54
Nº 60	0.250	227.00	5.20	62.01	37.99		Cc : 0.16
Nº 100	0.150	456.00	10.44	72.44	27.56		Cu : 33.84
Nº 200	0.075	590.00	13.50	85.95	14.05	6	% de Grava : 28.107 %
Fondo		614.00	14.05	100.00			% de Arena : 57.839 %
TOTAL		4369.00	100.00				% de Finos : 14.05 %

CURVA GRANULOMETRICA



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 LABORATORIO GEOTECNIA
 Ing. Rommel Chiguano Ay
 CIP N° 107422
 Jefe de Laboratorio de Suelos
 PERU - OTUSAY



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO, DE SUELOS	APROBADO POR:
---	---	---------------



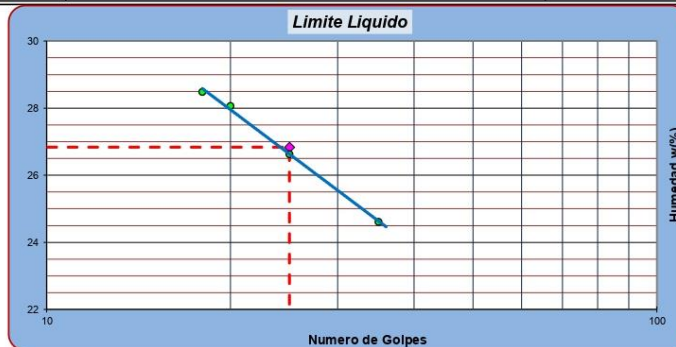
Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Mz-83, Lt-17

OBRA : "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"
UBICACIÓN : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA
SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos
UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adición de 15% de residuos de concreto
FECHA : jueves, 12 de Octubre de 2023

FECHA MUESTREO	19/07/2023
FECHA DE ENSAYO	22/07/2023

LIMITES DE CONSISTENCIA
ASTM D 4318, MTC E-110-111

Determinación del Limite Plástico		ASTM D-4318, AASHTO T-90			
ENSAYO N°	01	02	03		
Recipiente N°	20	21	23		
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	29.77	29.20	29.95		
Peso Recipiente+Suelo Seco	29.40	29.08	29.44		
Peso de agua	0.25	0.12	0.51		
Peso Recipiente	28.14	27.74	27.50		
Peso de Suelo Seco	1.26	1.34	1.94		
% de Humedad	19.84	8.96	26.29		
Limite Plástico (%)	18.36				
Determinación del Limite Liquido		ASTM D-4318, AASHTO T-89			
ENSAYO N°	01	02	03	04	
Recipiente N°	10	16	14	12	
Numero de Golpes	20	18	35	25	
Peso Recipiente+Suelo Húmedo	40.20	45.96	41.51	46.45	
Peso Recipiente+Suelo Seco	37.48	42.02	38.80	42.61	
Peso de agua	2.72	3.94	2.71	3.84	
Peso Recipiente	27.79	28.19	27.79	28.19	
Peso de Suelo Seco	9.69	13.83	11.01	14.42	
% de Humedad	28.07	28.49	24.61	26.63	
Limite Liquido (%)	26.84				
Indice de Plasticidad (%)	8.47				



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto



REALIZADO POR: Ing. (Bach.) GERMAN PARI NINA TÉCNICO DE LABORATORIO MEC. DE SUELOS-CONCRETO	REVISADO POR: JEFE DE LABORATORIO DE SUELOS	APROVADO POR:
---	--	---------------

**GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.**

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Ángeles Ma83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adición de 15% de residuos de concreto

FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

Molde N°	1		2		3			
	Altura del Molde (mm)		1.30		1.35		1.30	
N° de Golpes por Capa	12		25		56			
Condición de la muestra	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada	Sin Mojar	Mojada		
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12,275.40		12,424.30		12,490.50			
Peso de molde (g)	7,721.20		7,825.00		7,690.40			
Peso del suelo húmedo (g)	4,554.20		4,599.30		4,800.10			
Volumen del molde (cm3)	2,119.56		2,077.22		2,092.04			
Densidad húmeda (g/cm3)	2.15		2.21		2.29			
Contenido de humedad (%)	6.95		6.32		7.68			
Densidad seca (g/cm3)	2.009		2.083		2.131			
Tara (N°)	1		2		3			
Peso suelo húmedo + tara (g)	512.30		528.60		554.61			
Peso suelo seco + tara (g)	479.00		497.20		515.05			
Peso de agua (g)	33.30		31.40		39.56			
Peso de tara (g)	0.00		0.00		0.00			
Peso de suelo seco (g)	479.00		497.20		515.05			
Contenido de humedad (%)	6.95		6.32		7.68			
Promedio de humedad	6.95		6.32		7.68			

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO HRS	LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN		LECTURA DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
28/07/2023	3:10 p. m.	24	2.65	0.01	0.01	3.87	0.01	0.01	5.95	0.01	0.01
28/07/2023	3:20 p. m.	48	4.25	0.01	0.01	6.39	0.01	0.01	8.95	0.01	0.01
28/07/2023	3:30 p. m.	72	4.75	0.01	0.01	6.39	0.01	0.01	11	0.01	0.01

PENETRACIÓN

Penetración	Molde N°			4			Molde N°			9			Molde N°			12				
	Nro.	mm.	pulg.	Valores			Valores			Valores			Valores							
				LECTURA	KN	Kg	Kg/cm2	LECTURA	KN	Kg	Kg/cm2	LECTURA	KN	Kg	Kg/cm2	LECTURA	KN	Kg	Kg/cm2	
1.0	0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0		
2.0	0.635	0.025	0.960	97.89	4.61	1.050	107.07	5.04	1.180	120.33	5.66	2.300	234.54	11.04	3.160	322.23	15.17	3.880	395.65	18.62
3.0	1.270	0.050	1.780	181.51	8.54	2.120	216.18	10.18	2.300	234.54	11.04	3.160	322.23	15.17	3.880	395.65	18.62	4.550	463.97	21.84
4.0	1.905	0.075	2.380	242.69	11.42	2.840	289.60	13.63	3.160	322.23	15.17	3.880	395.65	18.62	4.550	463.97	21.84	4.630	472.13	22.22
5.0	2.540	0.100	3.010	306.94	14.45	3.480	354.86	16.70	3.880	395.65	18.62	4.550	463.97	21.84	5.170	527.20	24.81	5.370	547.59	25.77
6.0	3.175	0.125	3.460	352.82	16.61	4.040	411.97	19.39	4.550	463.97	21.84	5.170	527.20	24.81	5.940	605.71	28.51	5.940	605.71	28.51
7.0	3.810	0.150	3.880	395.65	18.62	4.630	472.13	22.22	5.170	527.20	24.81	5.940	605.71	28.51	6.360	648.54	30.53	6.360	648.54	30.53
8.0	5.080	0.200	4.510	459.89	21.65	5.370	547.59	25.77	5.940	605.71	28.51	6.360	648.54	30.53						
9.0	7.620	0.300	4.930	502.72	23.66	5.790	590.42	27.79	6.360	648.54	30.53									

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARIHIMA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE: Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

MUESTRA: CALICATA C-n1 mas adición de 15% de residuos de concreto

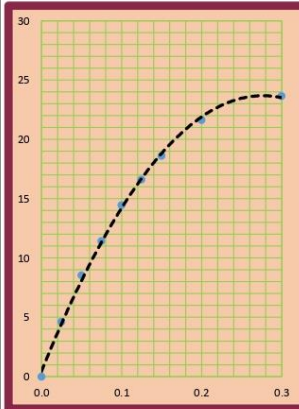
FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR

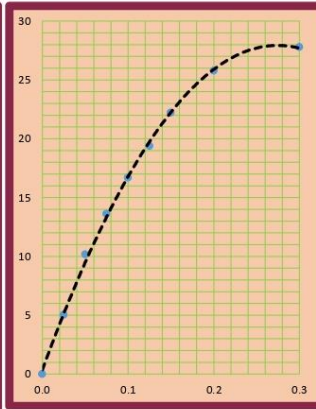
Kg/cm2 12 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 19.52

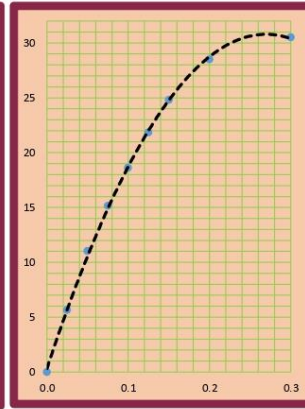
Kg/cm2 25 GOLPES



PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 22.57

Kg/cm2 56 GOLPES

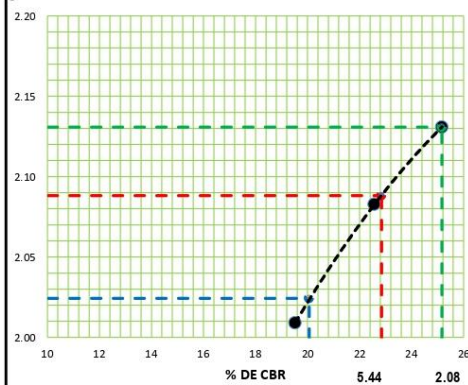


PENETRACIÓN (PULG)

"01" (%) = 25.17

DETERMINACION DE CBR

gr/cm3



Datos de Proctor:

Densidad seca :	2.131	gr/cm3
Optimo humedad:	7.68	%

CBR AL 95%:	DENSIDAD gr/cm3	INDICE CBR %
	2.02	20.06
CBR AL 98%:	DENSIDAD gr/cm3	INDICE CBR %
	2.09	22.85
CBR AL 100%:	DENSIDAD gr/cm3	INDICE CBR %
	2.13	25.17

OBSERVACIONES

Material Provenientes de las 3 Calicatas de la Carretera Villa Libertad Promuvi XI.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
GERMAN PARI NINA
Técnico de Lab. Suelos y Concreto





GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto



Estudio de suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras - Urb. Los Angeles Mz-83, Lt-17

PROYECTO: "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD - PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO- MOQUEGUA 2023"

UBICACIÓN: : Carretera Villa Libertad, Promuvi XI, Pampa Inalambrica Distrito, Provincia de Ilo Region de MOQUEGUA

SOLICITANTE : Karen Estefany Huanca Condori, Yackelyn Melissa Yunguri Chirinos

UNIVERSIDAD : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO

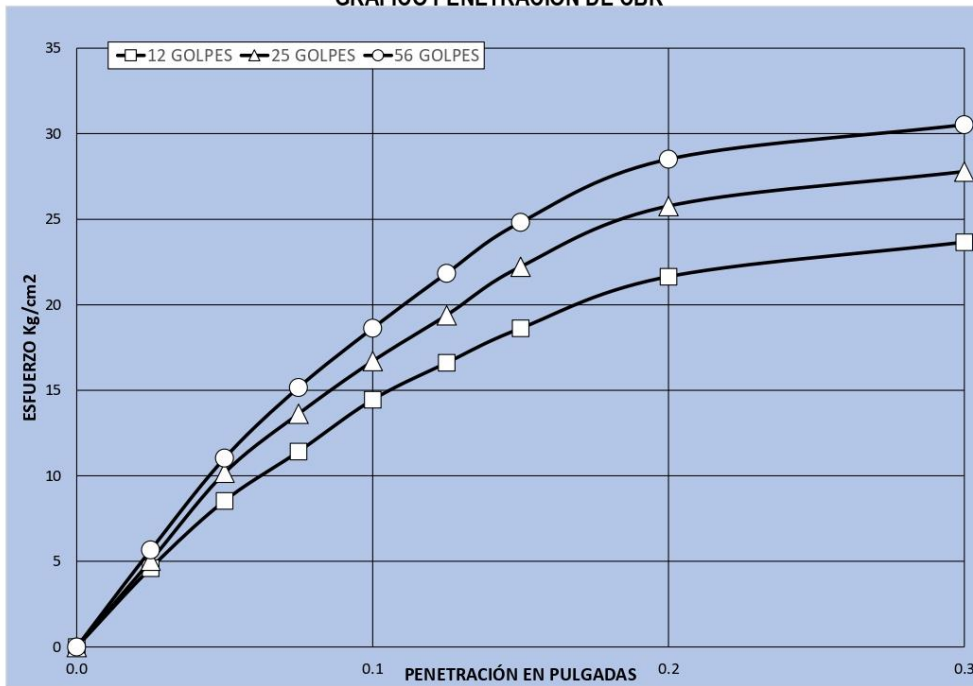
MUESTRA : CALICATA C-n1 mas adición de 15% de residuos de concreto

FECHA: jueves, 12 de Octubre de 2023

ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

METODO ASTM D-1883, MTC E.132

GRAFICO PENETRACION DE CBR



12 GOLPES			25 GOLPES			56 GOLPES			CBR DE DISEÑO		
DENSIDAD SECA	2.009	gr/cm2	DENSIDAD SECA	2.083	gr/cm2	DENSIDAD SECA	2.131	gr/cm2	CBR AL 100%	25.17	%
CBR a 0.1"	20.55	%	CBR a 0.1"	23.76	%	CBR a 0.1"	26.49	%	CBR AL 98%	22.85	%
CBR a 0.2"	15.92	%	CBR a 0.2"	18.95	%	CBR a 0.2"	20.96	%	CBR AL 95%	20.06	%

OBSERVACIONES:

EL ENSAYO DE PENETRACION SE EFECTUO SOBRE MUESTRA COMPACTADA A HUMEDAD OPTIMA Y SATURADA POR 96 HORAS.



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.

 GERMAN PARININA
 Técnico de Lab. Suelos y Concreto

GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
 Ing. Roberto Chuquisi Ayala
 CIP N. 10132
 Jefe de Laboratorio de Suelos



Anexo 6. Certificado de calibración del equipo



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LF-048-2022

Laboratorio de Fuerza

Pág. 1 de 2

Expediente 20066

Solicitante GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

Dirección MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO - ILO

Instrumento de Medición Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos
Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión

Equipo Calibrado PRENSA CBR

Marca (o Fabricante) APOLO INSTRUMENTS

Modelo CBR - 5000

Número de Serie 180105

o Identificación NO INDICA

Procedencia PERÚ

Indicador de Lectura DIGITAL

Alcance de Indicación 0 Kgf a 5000 Kgf

Resolución 0,1 Kgf

Marca (o Fabricante) HIGH WEIGHT

Modelo 315-X2

Número de Serie 0283985

Identificación NO INDICA

Transductor de Fuerza CELDA TIPO S

Marca (o Fabricante) KELI

Modelo DEF -A

Número de Serie AKT5380

o Identificación

Ubic. Del Instrumento LABORATORIO DE GEOTENCIA CONSULTORES

Lugar de Calibración AA.HH.LOS ANGELES MZ 83 LOTE 17

Fecha de Calibración 2022-12-27

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello



Fecha de emisión

2022-12-27

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL
Jesús Quinto C.
JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Laboratorio de fuerza

Pág 2 de 2

Método de Calibración

La calibración se realizó tomando como referencia el método descrito en la norma ISO 7500-1 / ISO 376 ,
Verificación de Máquinas para Ensayos Uniaxiales Estáticos, Máquinas de Ensayo de Tensión / Compresión
Verificación y Calibración del Sistema de Medición de Fuerza.

Trazabilidad

Se utilizaron patrones calibrados con trazabilidad al SI, calibrado por la Universidad Católica del Perú
y con Certificado N° INF-LE-103-19

Resultados de medición

Lectura de la máquina (Fi)		Lectura del patrón			Promedio	Cálculo de errores		Incertidumbre
		Primera	Segunda	Tercera		Exactitud	Repetibilidad	
%	kgf	kgf	kgf	kgf	kgf	q(%)	b(%)	U(%)
10	500	498,2	499,1	498,9	498,7	0,3	0,2	0,4
20	1000	996,1	997,2	996,5	996,6	0,3	0,1	0,3
30	1500	1494,9	1496,3	1495,1	1495,4	0,3	0,1	0,3
40	2000	1993,4	1993,7	1994,1	1993,7	0,3	0,0	0,3
50	2500	2490,1	2491,3	2490,8	2490,7	0,4	0,0	0,2
60	3000	2989,8	2991,2	2990,1	2990,4	0,3	0,0	0,2
70	3500	3487,4	3489,3	3488,6	3488,4	0,3	0,1	0,2
80	4000	3987,6	3989,5	3988,6	3988,6	0,3	0,0	0,2
90	4500	4485,8	4487,2	4486,6	4486,5	0,3	0,0	0,2
Lectura máquina en cero		0	0	0	-----	0	0	Error máx. de cero(0)=0,00

Temperatura promedio durante los ensayos 28,2°C; Variación de temperatura en cada ensayo < 2 °C.

Evaluación de los resultados

Los errores encontrados entre el 20% y el 90% del rango nominal considerado no superan los valores máximos permitidos establecidos en la norma ISO 7500-1.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.


Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-092-2020

Laboratorio de Calibración

Pág. 1 de 2

Expediente 20061
Solicitante GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD
COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD
LIMITADA
Dirección MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA
- ILO - ILO

Instrumento de medición MARTILLO DE COMPACTACION DE PROCTOR
MODIFICADO
Marca (o Fabricante) NO INDICA
Modelo NO INDICA
Número de Serie PM-002-20
Procedencia NO INDICA
Código NO INDICA

Ubicación del Equipo INSTALACIONES DEL SOLICITANTE

Lugar de Calibración LABORATORIO DE LONGITUD DE CEM
INDUSTRIAL

Fecha de Calibración 2020-07-20

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la Norma ASTM D – 1557.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura °C	20,8	20,9
Humedad % H.R.	68	67

Sello

Fecha de emisión

Jefe del laboratorio de calibración



2020-07-20

CEM-INDUSTRIAL

Jesús Quinto C.
JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial
Mz. A, Lote 18, Urb. El Pacifico II Etapa, S.M.P. - Lima
• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777
• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Código / Serie	Instrumento patrón	Certificado de calibración
1702144011	Pie de rey	L-1189-2019

Dimensiones Norma Norma ASTM D – 1557.

Descripción	Cara de la base	Altura de Caída	Masa del Pisón
	mm	mm	Kg
	50,55 – 51,05	455,6 – 458,8	4,53 – 4,55

Resultado de Medición

Descripción	Cara de la base	Altura de Caída	Masa del Pisón
	mm	mm	Kg
	50,84	458,00	4,55
Incertidumbre de Medición en mm	0,01	0,03	0,01

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$ para una distribución normal de aproximadamente 95 %.



CEM-INDUSTRIAL
Jesús Quinto C.
JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

LL-327-2021

Laboratorio de Longitud

Pág. 1 de 1

Expediente 16334
Solicitante GERMAN CONSULTORES CONTRATISTAS
EMPRESA INDIVIDUAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección MZA. 83 LOTE. 17 LOS ANGELES (P. INALAMBRICA)MOQUEGUA - ILO - ILO
Equipo CAZUELA CASA GRANDE
Marca (o Fabricante) PINZUAR
Modelo PS-11
Número de Serie 1081
Procedencia COLOMBIA
Código NO INDICA
Ubicación del Equipo Laboratorio del solicitante
Lugar de Calibración Laboratorio del solicitante
Fecha de Calibración 2021-12-08

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Método de Calibración

La calibración se realizó por comparación directa utilizando como referencia la Norma ASTM D4318

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LLA - C - 003- 2020; T-2102-2020.

Condiciones Ambientales

Temperatura promedio: 21 °C ; Humedad relativa prom. 73 HR%

Resultado de Medición

Distancia de caída según ASTM D4318 mm	Promedio de Mediciones mm	Incertidumbre de Medición mm
10 ± 1	10,0	0,1

Observación:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estandar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.

Sello



Fecha de emisión

2021-12-08

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial

Coop. César Vallejo Mz. V Lt. 01 S.M.P. - Lima - Lima

• Telf.: 6717346 • RPM: #958009777 • CEL: 958009776

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

Expediente 20460

Página: 1 de 5

Solicitante GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO – ILO

Laboratorio de temperatura

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)

Los resultados del presente certificado son válidos sólo para el instrumento calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito de Cem Industrial.

Certificados sin firma y sello carecen de validez.

Cem Industrial no se responsabiliza de los perjuicios del uso inadecuado de este instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados aquí presentados.

Equipo	HORNO ELÉCTRICO
Marca / Fabricante	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	KH-45A
Serie	20200728005
Identificación	NO INDICA
Procedencia	CHINA
Instrumento de medición	TERMÓMETRO CON INDICACIÓN DIGITAL
Marca / Fabricante	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	NO INDICA
Alcance / Resolución	200 °C
Resolución	0.1 °C
Identificación	NO INDICA
Selector	DIGITAL
Marca / Fabricante	APOLO INSTRUMENTS
Modelo	PCD-E6000
Alcance	200 °C
Resolución	0.1 °C

Ubicación del equipo INSTALACIONES DEL SOLICITANTE
Lugar de calibración LABORATORIO DE TEMPERATURA DE CEM INDUSTRIAL
Fecha de calibración 2022-12-27

Sello



Fecha de emisión

2022-12-27

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Método de calibración

Se determina la temperatura de distintos puntos internos del Medio Isotermo siguiendo el "Procedimiento para la calibración o caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" INDECOPI-SNM PC-018

Condiciones Ambientales

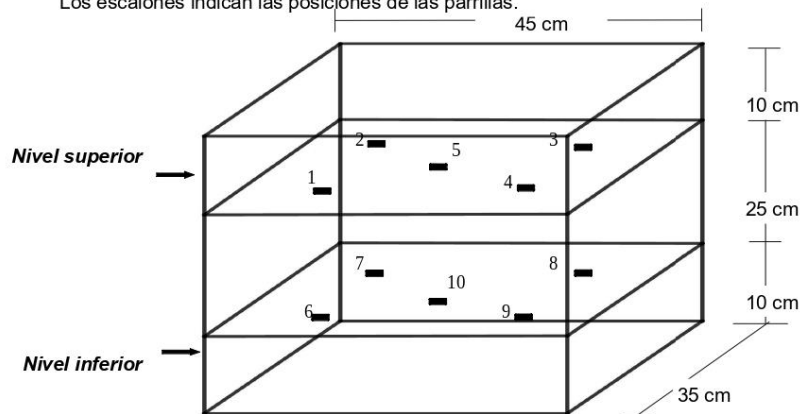
	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	24.3 °C	24.3 °C
HUMEDAD RELATIVA	66 %	66 %

Patrones usados

TRAZABILIDAD	INSTRUMENTO PATRÓN UTILIZADO	CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
INACAL	Termómetro digital	LT-304-2021
INACAL	Termómetro digital	LT-305-2021
METROIL	Termohigrómetro	T-3787-2021

Puntos de calibración

Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivas parrillas.
 Los termopares del 1 al 5 están ubicados a 2 cm por encima de la parrilla superior.
 Los termopares del 6 al 10 están ubicados a 2 cm por debajo de la parrilla inferior.
 Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 7 cm de las paredes 7 cm del frente y fondo del horno respectivamente.
 Los escalones indican las posiciones de las parrillas.



Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C:

Periodo = 2 minutos

Tiempo (min)	T ind. (°C) (Termómetro o estufa)	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	Difer. de Temp. (°C)
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		Sensor 1	Sensor 2	Sensor 3	Sensor 4	Sensor 5	Sensor 6	Sensor 7	Sensor 8	Sensor 9	Sensor 10		
0	110	111.2	113.1	110.9	109.2	112.9	109.6	112.4	111.0	109.6	110.0	111.0	3.9
2	110	111.1	112.6	111.1	109.1	112.7	108.4	112.4	110.8	109.5	109.9	110.8	4.3
4	110	111.2	113.0	111.2	109.0	112.9	108.5	112.7	110.0	109.5	110.1	110.8	4.5
6	110	111.1	112.8	111.1	109.1	112.7	108.4	112.6	110.0	109.7	110.0	110.8	4.4
8	110	111.0	112.8	110.7	109.1	112.7	108.3	112.5	110.9	109.6	110.0	110.8	4.5
10	110	111.3	113.1	111.3	109.1	113.0	108.7	112.8	111.1	109.7	110.2	111.0	4.4
12	110	111.2	112.8	111.2	109.0	112.8	108.6	112.7	111.1	109.6	110.1	110.9	4.2
14	110	111.0	112.7	111.0	109.0	112.6	108.2	112.4	110.7	109.5	109.8	110.7	4.5
16	110	111.1	112.8	111.1	108.9	112.7	108.4	112.6	110.9	109.6	109.9	110.8	4.4
18	110	111.1	113.0	110.9	109.1	112.9	108.4	112.7	110.9	109.6	110.1	110.9	4.6
20	110	111.0	112.6	111.0	109.0	112.6	108.2	112.5	110.8	109.5	109.8	110.7	4.4
22	110	111.1	112.9	111.1	109.0	112.8	108.3	112.6	110.9	109.5	110.0	110.8	4.6
24	110	111.1	112.8	111.1	108.9	112.7	108.4	112.5	110.8	109.4	109.8	110.8	4.4
26	110	110.9	112.6	110.9	109.0	112.6	108.2	112.4	110.6	109.3	109.7	110.6	4.4
28	110	110.9	112.6	110.9	109.2	112.5	108.0	112.2	110.6	109.2	109.7	110.6	4.6
30	110	111.0	112.7	110.8	109.1	112.6	108.3	112.5	110.8	109.5	109.9	110.7	4.4
32	110	111.3	112.7	111.3	109.2	113.0	108.7	113.0	111.2	109.7	110.3	111.0	4.3
34	110	111.3	113.1	111.3	109.3	113.0	108.6	112.7	111.1	109.8	110.1	111.0	4.5
36	110	111.2	113.0	111.2	109.2	112.9	108.4	112.7	111.1	109.7	110.0	110.9	4.6
38	110	111.1	112.8	111.1	109.2	112.7	108.3	112.5	110.8	109.4	109.9	110.8	4.5
40	110	111.1	112.9	111.1	109.0	112.8	108.4	112.7	111.9	109.5	109.9	110.9	4.5
42	110	111.2	113.0	110.9	109.1	112.9	108.6	112.7	111.1	109.6	110.1	110.9	4.4
44	110	111.0	112.8	111.0	109.0	112.6	108.2	112.5	110.8	109.5	109.8	110.7	4.6
46	110	111.3	112.8	111.3	109.4	113.1	108.7	112.8	111.1	109.7	110.2	111.0	4.4
48	110	111.1	112.9	111.1	109.1	112.8	108.4	112.6	110.9	109.6	110.1	110.9	4.5
50	110	110.9	112.6	110.9	108.7	112.5	108.1	112.3	110.6	109.2	109.7	110.6	4.5
52	110	110.9	112.7	110.9	108.8	112.6	108.0	112.2	110.6	109.3	109.6	110.6	4.7
54	110	111.2	112.7	110.7	109.0	112.7	108.5	112.6	111.0	109.5	110.1	110.8	4.2
56	110	111.1	112.9	111.1	109.3	112.8	108.4	112.6	110.9	109.5	110.0	110.9	4.5
58	110	111.0	112.8	111.0	109.1	112.7	108.3	112.5	110.9	109.6	110.0	110.8	4.5
60	110	111.3	112.8	111.3	109.2	113.1	108.6	112.7	111.1	109.7	110.1	111.0	4.5
T. PROM	110.0	111.1	112.8	111.0	109.1	112.8	108.4	112.6	110.9	109.5	110.0	110.8	4.4
T. MAX	110.0	111.3	113.1	111.3	109.4	113.1	109.6	113.0	111.9	109.8	110.3		
T. MIN	110.0	110.9	112.6	110.7	108.7	112.5	108.0	112.2	110.0	109.2	109.6		
DTT	110.0	0.4	0.5	0.6	0.7	0.6	1.6	0.8	1.9	0.6	0.7		

Resultados de Medición

PARÁMETROS	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima temperatura medida	113.1	0.3
Mínima temperatura medida	108	0.6
Desviación de temperatura en el tiempo	1.9	0.1
Desviación de temperatura en el espacio	4.4	0.3
Estabilidad medida (±)	0.95	0.04
Uniformidad medida	4.7	0.3

T. PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

T. prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado.

T. MAX: Temperatura máxima.

T.MIN: Temperatura mínima.

DTT: Desviación de Temperatura en el tiempo.

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" está dada por la diferencia entre los promedio de temperaturas registradas en ambas posiciones.

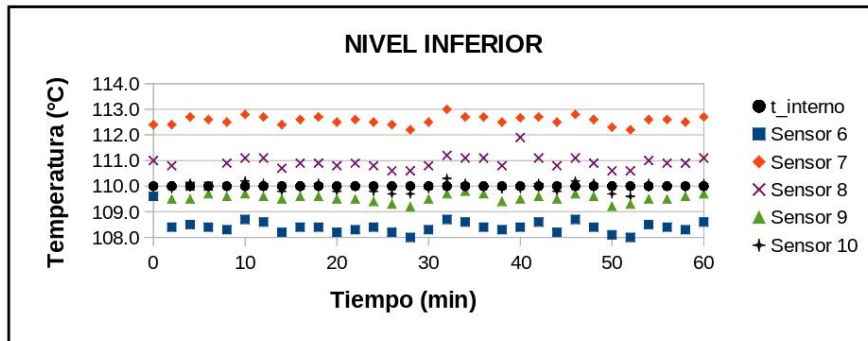
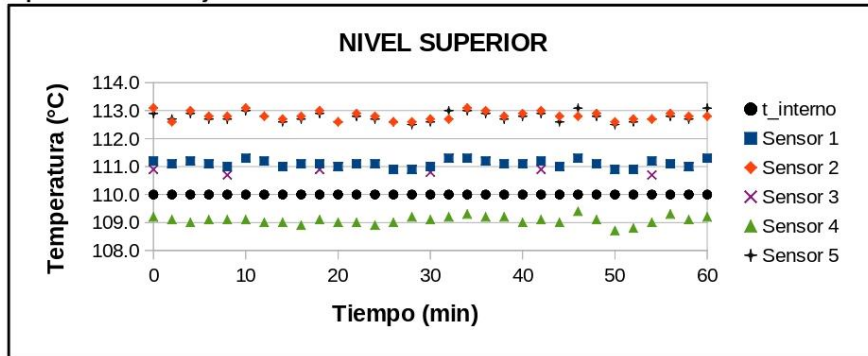
La estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

Durante la calibración y bajo las condiciones en que esta ha sido hecha, el medio isoterma cumple con los límites especificados de temperatura.

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, para una distribución normal de aproximadamente 95%.
- Los resultados obtenidos corresponde al promedio de 31 lecturas por punto de medición, luego del tiempo de estabilización
- La calibración se efectuó después de un precalentamiento de noventa minutos y treinta minutos de estabilización del medio isoterma.

Temperatura de trabajo: 110 °C



Fotografía mostrando la ubicación de los sensores de temperatura en el medio isoterma.



Fin del documento.

Expediente	20393
Solicitante	GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA
Dirección	MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA - ILO - ILO
Instrumento de Medición	BALANZA NO AUTOMÁTICA
Marca (o Fabricante)	OHAUS
Modelo	YA501
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	CHINA
Tipo	ELECTRÓNICO
Identificación	NO INDICA
Alcance de Indicación	0 g a 500 g
División de escala (d) o resolución	0,1 g
Div. verifc. de escala (e)	0,1 g
Capacidad Mínima	2 g
Clase de exactitud	III
Ubic. Del Instrumento	LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO
Lugar de Calibración	AA.HH.LOS ANGELES MZ 83 LOTE 17

Fecha de Calibración 2022-07-06**Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edición tercera, Enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados: LM-C-156-2022; T-3787-2021.

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Sello**Fecha de emisión****Jefe del laboratorio de calibración**

2022-07-09

CEM INDUSTRIAL
JESÚS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

INSPECCIÓN VISUAL

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	17,4 °C	Final	17,3 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 250,00 g			Carga L2 = 500,00 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	250,0	0,04	0,01	500,0	0,05	0,00
2	250,0	0,04	0,01	501,0	0,06	0,99
3	250,0	0,04	0,01	502,0	0,06	1,99
4	250,0	0,04	0,01	503,0	0,06	2,99
5	250,0	0,04	0,01	504,0	0,06	3,99
6	250,0	0,04	0,01	505,0	0,06	4,99
7	250,0	0,04	0,01	506,0	0,05	6,00
8	250,0	0,04	0,01	507,0	0,05	7,00
9	250,0	0,04	0,01	508,0	0,05	8,00
10	250,0	0,04	0,01	509,0	0,05	9,00

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
250	0,00	0,2
500	9,00	0,2

2	1	5
3		4

Posición
de las

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Cargas	Temperatura	Inicial	17,3 °C	Final	17,3 °C
--------	-------------	---------	---------	-------	---------



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p ± g
	Carga min. (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1		1,0	0,02	0,03		150,0	0,04	0,01	-0,02	0,2
2		1,0	0,03	0,02		150,0	0,04	0,01	-0,01	0,2
3	1	1,0	0,03	0,02	150	150,0	0,05	0,00	-0,02	0,2
4		1,0	0,03	0,02		150,0	0,04	0,01	-0,01	0,2
5		1,0	0,02	0,03		150,0	0,05	0,00	-0,03	0,2

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	17,3 °C	Final	17,4 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p ± g
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1	1,0	0,03	0,02						
2	2,0	0,03	0,02	0,00	2,0	0,03	0,02	0,00	0,1
10	10,0	0,04	0,01	-0,01	10,0	0,04	0,01	-0,01	0,1
20	20,0	0,04	0,01	-0,01	20,0	0,04	0,01	-0,01	0,1
50	50,0	0,05	0,00	-0,02	50,0	0,05	0,00	-0,02	0,2
100	100,0	0,05	0,00	-0,02	100,0	0,05	0,00	-0,02	0,2
150	150,0	0,06	-0,01	-0,03	150,0	0,05	0,00	-0,02	0,2
200	200,0	0,04	0,01	-0,01	200,1	0,04	0,11	0,09	0,2
300	300,0	0,03	0,02	0,00	300,1	0,04	0,11	0,09	0,2
400	400,0	0,04	0,01	-0,01	400,1	0,04	0,11	0,09	0,2
500	500,0	0,04	0,01	-0,01	500,0	0,04	0,01	-0,01	0,2

Leyenda:
 L: Carga aplicada a la balanza. E: Error encontrado
 I: Indicación de la balanza. E₀: Error en cero.
 ΔL: Carga adicional. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{9,18570^2 + 0,0000000042240^2} R^2$

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000388711 R$

Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 499,7 g para una pesa patrón de 500 g.


Fin del documento.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LM-139-2022

Laboratorio de Masa

Pág. 1 de 3

Expediente 20393

Solicitante GEOTECNIA CONSULTORES SOCIEDAD
COMERCIAL DE RESPONSABILIDAD LIMITADA

Dirección MZA. 83 LOTE. 17 PMV V LOS ANGELES MOQUEGUA
- ILO - ILO

Instrumento de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA

Marca (o Fabricante) T-SCALE

Modelo QHW-30

Número de Serie 0110011001

Procedencia CHINA

Tipo ELECTRONICO

Identificación NO INDICA

Alcance de Indicación 0 g a 30000 g

**División de escala (d)
o resolución** 1 g

Div. verif. de escala (e) 10 g

Capacidad Mínima 20 g

Clase de exactitud III

Ubic. Del Instrumento LABORATORIO DE SUELOS Y CONCRETO

Lugar de Calibración AA.HH.LOS ANGELES MZ 83 LOTE 17

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio emisor.

Los certificados de calibración sin firma y sello no son válidos.

Fecha de Calibración 2022-07-06

Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-001, "Procedimiento de calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII" del SNM-INDECOPI. Edición tercera- Enero 2009.

Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL-DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI).

Patrones utilizados:

LM-C-156-2022; 1AM-0209-2022; 1AM-0210-2022; 1AM-0211-2022; M-0922-2021; T-3787-2021.

Sello



Fecha de emisión

2022-07-09

Jefe del laboratorio de calibración

CEM INDUSTRIAL

JESUS QUINTO C.
JEFE DE LABORATORIO

Centro Especializado en Metrología Industrial

Mz R1 Lote 14, Urb. Los Jazmines de Naranjal (Cdra. 18 de Av. Alisos) - S.M.P. - Lima

• Telf.: 6717346 • CEL: 958009776 / 958009777

• ventas@cemind.com • jesus.quinto@cemind.com • www.cemind.com

Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Temperatura	Inicial	17,5 °C	Final	17,6 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Medición Nº	Carga L1 = 15000 g			Carga L2 = 20000 g		
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15000	0,5	4,5	19999	0,4	3,6
2	14999	0,8	3,2	19999	0,2	3,8
3	15000	0,7	4,3	20000	0,5	4,5
4	14999	0,4	3,6	20000	0,6	4,4
5	15000	0,6	4,4	20000	0,6	4,4
6	15000	0,7	4,3	20000	0,7	4,3
7	15000	0,7	4,3	20001	0,8	5,2
8	15000	0,5	4,5	20000	0,7	4,3
9	14999	0,3	3,7	20000	0,8	4,2
10	14999	0,4	3,6	20000	0,5	4,5

Carga (g)	E _{max} - E _{min} (g)	e.m.p (g)
15000	1,3	20
20000	1,6	30

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

Temperatura	Inicial	17,6 °C	Final	17,6 °C
-------------	---------	---------	-------	---------



Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero E ₀				Determinación del Error Corregido E _c					e.m.p ± g
	Carga min. (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	10	10	0,7	4,3	10000	9998	0,2	2,8	-1,5	20
2		10	0,5	4,5		9999	0,7	3,3	-1,2	20
3		10	0,5	4,5		9999	0,7	3,3	-1,2	20
4		10	0,4	4,6		10000	0,9	4,1	-0,5	20
5		10	0,5	4,5		10000	0,8	4,2	-0,3	20

ENSAYO DE PESAJE

Temperatura	Inicial	17,6 °C	Final	17,6 °C
-------------	---------	---------	-------	---------

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				e.m.p
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	±g
Eo 10	10	0,6	4,4						
20	20	0,5	4,5	0,1	20	0,9	4,1	-0,3	10
500	500	0,6	4,4	0,0	499	0,4	3,6	-0,8	10
1000	1000	0,7	4,3	-0,1	999	0,7	3,3	-1,1	10
2000	2000	0,7	4,3	-0,1	1998	0,6	2,4	-2,0	10
5000	4999	0,4	3,6	-0,8	4997	0,4	1,6	-2,8	10
10000	9999	0,8	3,2	-1,2	9997	0,5	1,5	-2,9	20
15000	14999	0,9	3,1	-1,3	14998	0,6	2,4	-2,0	20
20000	19999	0,9	3,1	-1,3	19999	0,9	3,1	-1,3	20
25000	24999	0,9	3,1	-1,3	24999	0,8	3,2	-1,2	30
30000	29999	0,9	3,1	-1,3	29999	0,9	3,1	-1,3	30

Leyenda:
 L: Carga aplicada a la balanza. E: Error encontrado
 I: Indicación de la balanza. E₀: Error en cero.
 ΔL: Carga adicional. E_c: Error corregido.

Incertidumbre expandida de medición $U = 2 \times \sqrt{0,38572^2 + 0,0000000135994^2}$ R²

Lectura corregida $R_{CORREGIDA} = R + 0,0000683668$ R


Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO"
- La incertidumbre de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 para una distribución normal de aproximadamente 95 %.
- Se obtuvo un peso inicial de 19996 g para una pesa patrón de 20000 g.



Fin del documento.

Anexo 7. Boleta de ensayos de laboratorio



GEOTECNIA CONSULTORES S.R.L.
Laboratorio de Geotecnia Suelos y Concreto
 Estudio de Suelos, concreto - Topografía - Trabajos en Movimiento de Tierras.
 Venta de agregados para construcción - Alquiler de equipos - maquinaria
 PMV V Los Angeles Mz. 83 Lt. 17 ILO - ILO - MOQUEGUA
 Telf. 053-471813 Cel. 975028283 RPM: #949005011
 E-mail: geotecniaconsultores@hotmail.com

RUC 20601966213

Boleta de Venta

001- N° 000034

Sres: Ing. Bachiller: Karen E. Huanca Condori, Yaquelin M. Yunguri Chirinos
 Dirección: _____ DNI: _____ Fecha: 11 10 23

CANT.	DESCRIPCION	P. Unit.	TOTAL
01	Analisis Geotécnico de Laboratorio de Mecánica de Suelos en Proyecto Tesis. "MEJORAMIENTO DE PROPIEDADES DEL SUELO FUNDACION DE LA CARRETERA VILLA LIBERTAD PROMUVI XI USANDO RESIDUOS DE CONCRETO MOQUEGUA - 2023"	3,000	3,000.00
			7

IMPRENTA AMAUTA S.R.L.
 RUC 20115629310 Zepita 544 - ILO
 A.I. 0664438113 F.I. 04-04-2017
 Serie 001 - 001/1000

CANCELADO

*Gracias por su
preferencia*

TOTAL S/ 3,000.00

Emisor