



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Estabilización de suelo incorporando ignimbrita blanca y mucilago de
tuna en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, Región
Arequipa, 2019**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniero Civil

AUTOR:

Castro Ramírez, Clint Ray (ORCID: 0000-0002-7506-950X)

ASESOR:

Mg. Ing. Benites Zuñiga, José Luis (ORCID: 0000-0003-4459-494X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2020

Dedicatoria

La investigación presente está dedicada a las personas más importantes para mí, principalmente mis padres Eddy Castro y Rosa Ramírez que siempre me brindaron su apoyo, consejos y experiencias, lo cual me sirvió a lo largo de mi etapa estudiantil y siempre valorare eso, también a todos mis abuelos en general que quizás no tuvieron la dicha de tener una carrera profesional pero, gracias a ellos y a su sacrificio pudieron inculcar a mis padres que la educación es primero y es por ellos es que ahora puedo llamarme ingeniero.

Agradecimiento

Agradezco principalmente a mi universidad Cesar Vallejo quien me forjo en valores y ética profesional, a mis padres Eddy y Rosa por el apoyo que me brindaron en mis años de carrera, a mi Asesor el Ing. Benites que me guio con virtud en el buen desarrollo de mi investigación, a mi amiga Erika quien me brindo su apoyo durante toda la investigación, a mis tíos Bernardo y Andrés que me apoyaron cuando necesitaba ayuda, a mis compañeros de universidad los cuales fueron de mucha ayuda a la hora de buscar información, a Dany, Juan Carlos, Toni, Ignacio los técnicos de laboratorio del MTL geotecnia, a los canteros Efraín y Luzmeri de la cantera señor de la caña en Arequipa, quienes muy amablemente me brindaron información sobre el material de mi investigación, a Manuel Funda quien me brindo acceso y material de su producción de tuna en la joya -Arequipa, al Ing. Juan Carlos del ministerio de transporte quien me brindo acceso a la biblioteca del ministerio.

Índices de contenidos

Carátula	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice De Contenidos	iv
Índice De Tablas	v
Índice De Gráficos Y Figuras	vii
Resumen	xi
Abstract	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA	32
3.1. Tipo Y Diseño De Investigación	32
3.2. Variables Y Operacionalización	33
3.3. Población, Muestra Y Muestreo	35
3.4 Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos	36
3.5 Procedimientos	38
3.6 Método De Análisis De Datos	48
3.7 Aspectos Éticos	49
IV. RESULTADOS	50
V. DISCUSIONES	74
VI. CONCLUSIONES	90
VII. RECOMENDACIONES	96
REFERENCIAS	97
ANEXOS	101

Índice De Tablas

Tabla 1. Proceso de formación de la Ignimbrita Blanca	15
Tabla 2. Estabilizadores no tradicionales I	29
Tabla 3. Categorías de la Sub-Rasante	30
Tabla 4. Categorías de la Sub-Rasante	31
Tabla 5. Proceso de extracción y obtención de la Ignimbrita Blanca	38
Tabla 6. Proceso de extracción y obtención de Mucilago de Tuna	40
Tabla 7. Análisis Granulométrico	42
Tabla 8. Limite Liquido	43
Tabla 9. Limite plástico	44
Tabla 10. Proctor Modificado	45
Tabla 11. CBR – Relación de soporte California	46
Tabla 12. Método para el Análisis de Datos	48
Tabla 13. Obtención de los materiales	54
Tabla 14. Clasificación de suelos c-01, c-02 y c-03	55
Tabla 15. Contenido de Humedad, Límites de Consistencia e Índice Pastico	56
Tabla 16. Ensayo Proctor Modificado Calicata 1	57
Tabla 17. Ensayo Proctor Modificado Calicata 2	57
Tabla 18. Porcentaje de Expansión Calicata 1	58
Tabla 19. Porcentaje de Expansión Calicata 2	58
Tabla 20. Resultados CBR para la C-01	59
Tabla 21. Resultados CBR para la C-02	60
Tabla 22. O.C.H y M.D.S incorporando 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca	61
Tabla 23. Porcentaje de Expansión incorporando 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca	63

Tabla 24. Valores de CBR incorporando 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca	65
Tabla 25. O.C.H y M.D.S incorporando 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna	67
Tabla 26. Porcentaje de Expansión incorporando 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna	69
Tabla 27. Valores de CBR incorporando 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna	71
Tabla 28. Recopilación de los Resultados Obtenidos	73
Tabla 29. Categorías de la Sub-Rasante	87
Tabla 30. Categorías de la Sub-Rasante	87
Tabla 31. Especificaciones técnicas de Tipos de Estabilizadores y Parámetros	88
Tabla 32. Categorías de la Sub-Rasante	90
Tabla 33. Categorías de la Sub-Rasante	90
Tabla 34. Especificaciones técnicas de Tipos de Estabilizadores y Parámetros	90

Índice De Figuras y Gráficos

Figura 1. Ignimbrita Blanca	2
Figura 2. Mucilago de Tuna	2
Figura 3. Depósito natural de Ignimbrita Blanca	12
Figura 4. Tipos de materiales Piroclásticos	12
Figura 5. Fragmento de Ignimbrita Blanca	13
Figura 6. Tipos de Rocas Ígneas	13
Figura 7. Depósito de Fragmentos medianos de Ignimbrita Blanca	14
Figura 8. Ignimbrita Blanca en polvo fino	14
Figura 9. Mapa de las diferentes canteras de Ignimbrita Blanca	16
Figura 10. Tipos y usos de la Ignimbrita Blanca	17
Figura 11. Composición Mineralógica de las Rocas Ígneas	18
Figura 12. Vista Macroscópica de la Ignimbrita Blanca	18
Figura 13. Propiedades de la Ignimbrita Blanca	19
Figura 14. Análisis Mineralógico de la Ignimbrita Blanca	20
Figura 15. Planta de Tuna La Joya – Arequipa	21
Figura 16. Taxonomía de la Tuna	22
Figura 17. Mucilago de tuna o Hidrocoloide de Tuna	23
Figura 18. Limpieza de la Pencas de Tuna	23
Figura 19. Objetivos Importantes de la Estabilización	26
Figura 20. Tipos de Estabilización de suelos	28
Figura 21. Fragmento de Ignimbrita Blanca	34
Figura 22. Mucilago de Tuna	35
Figura 23. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	37
Figura 24. Mapa Político del Perú	50
Figura 25. Mapa Político del Departamento de Arequipa	50

Figura 26. Ubicación del distrito de Huancarqui -Provincia de Castilla	51
Figura 27. Distritos de la Provincia de Castilla	51
Figura 28. Acceso Huancarqui vista satelital (1)	52
Figura 29. Acceso Huancarqui vista satelital (2)	52
Figura 30. Carretera Lima- Arequipa	53
Figura 31. Carretera Arequipa – Huancarqui	53
Figura 32. Calicata Km 1+250	55
Figura 33. Calicata Km 1+750	55
Figura 34. Calicata Km 2+250	55
Figura 35. Ensayo Limite Liquido Calicata – 03	56
Figura 36. Ensayo Limite Plástico Calicata – 03	56
Figura 37. Moldes de compactación Proctor Modificado	57
Figura 38. Moldes CBR C-01	59
Figura 39. Ensayo CBR C-01	59
Figura 40. Moldes CBR C-02	60
Figura 41. Ensayo CBR C-02	60
Figura 42. Molde Proctor a 8% de dosificación de Ignimbrita Blanca	61
Figura 43. Muestra extraída del molde Proctor a 8% de dosificación de Ignimbrita Blanca	61
Figura 44. Sumergida de los moldes de CBR a 8% de dosificación (Ignimbrita Blanca)	63
Figura 45. Medición de la Expansión mediante el uso del deformímetro	63
Figura 46. Moldes de CBR 8% dosificación Ignimbrita Blanca	65
Figura 47. Ensayo de CBR 8% dosificación Ignimbrita Blanca	65
Figura 48. Molde Proctor a 60% de dosificación Mucilago de Tuna	67
Figura 49. Muestra extraída del molde Proctor 60% de dosificación Mucilago de Tuna	67
Figura 50. Sumergida de los moldes de CBR (Mucilago de Tuna)	69

Figura 51. Medición de la Expansión mediante el uso del Deformímetro	69
Figura 52. Moldes de CBR 60% dosificación Mucilago de Tuna	71
Figura 53. Ensayo de CBR 60% dosificación Mucilago de Tuna	71
Gráfico 1. Optimo Contenido de Humedad con dosificaciones de 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca	62
Gráfico 2. Máxima Densidad Seca con dosificaciones de 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca	62
Gráfico 3. Porcentaje de Expansión con dosificaciones de 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca	64
Gráfico 4 Valores CBR con dosificaciones de 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca	66
Gráfico 5. Optimo Contenido de Humedad con dosificaciones de 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna	68
Gráfico 6. Máxima densidad seca con dosificaciones de 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna	68
Gráfico 7. Porcentaje de Expansión con dosificaciones de 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna	70
Gráfico 8. CBR con dosificaciones de 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna	72
Gráfico 9. Optimo Contenido de Humedad incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca	74
Gráfico 10. Máxima Densidad Seca incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca	74
Gráfico 11. Optimo Contenido de Humedad incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal	75
Gráfico 12. Máxima Densidad Seca incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal	75
Gráfico 13. Optimo Contenido de Humedad incorporando 1%, 3% y 5% de cemento portland tipo I.....	76
Gráfico 14. Máxima Densidad Seca incorporando 1%, 3% y 5% de cemento portland tipo I.....	77
Gráfico 15. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca	78
Gráfico 16. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal	79

Gráfico 17. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.....	80
Gráfico 18. Valores de CBR suelo incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca	81
Gráfico 19. Valores de CBR suelo incorporando dosificaciones 1%, 3% y 5% de Cemento Portland Tipo I	82
Gráfico 20. Valores de CBR suelo incorporando dosificaciones 9%, 15% y 21% de Cal	83
Gráfico 21. Optimo Contenido de Humedad incorporando 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna	84
Gráfico 22. Máxima Densidad Seca incorporando 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna	84
Gráfico 23. Optimo Contenido de Humedad incorporando 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna	85
Gráfico 24. Máxima Densidad Seca incorporando 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna	85
Gráfico 25. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna	87
Gráfico 26. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna	87
Gráfico 27. Valores de CBR al 95% de su MDS incorporando dosificaciones de 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna	88
Gráfico 28. Valores de CBR al 95% de su MDS incorporando dosificaciones de 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna	89

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo principal estabilizar el suelo incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, Región Arequipa; la metodología es tipo aplicada, enfoque cuantitativo y diseño experimental-cuasiexperimental, se obtuvo como resultado que la incorporación de Ignimbrita Blanca (8%,13%y18%) influye en el suelo aumentando su Óptimo Contenido de Humedad de 8.9% a 9.2%, su Máxima Densidad Seca aumentó de 1.936 gr/cm³ a 1.955 gr/cm³, la expansión del suelo disminuyó de 0.7 % a 0.44%, finalmente el C.B.R aumento de 9.5% a 16.5%. En cuanto a la incorporación de Mucilago de Tuna (30%,60%y80%) se obtuvo que su Óptimo Contenido de Humedad disminuyó de 8.9% a 8.6%, su Máxima Densidad Seca aumentó de 1.936 gr/cm³ a 2.052 gr/cm³, la expansión del suelo disminuyó de 0.7% a 0.41%, finalmente el C.B.R aumentó de 9.5% a 14.1%, por lo tanto se concluye que la incorporación de ambos materiales influyeron positivamente en la estabilización del suelo ya que el Óptimo Contenido de Humedad, Máxima Densidad Seca, la expansión del suelo y el C.B.R están dentro de los parámetros de diseño de una carreta no pavimentada, llegando a cumplir con los objetivos propuestos en la investigación.

Palabras clave: Ignimbrita Blanca, Mucilago de Tuna, C.B.R.

Abstract

The main objective of this investigation was to stabilize the soil by incorporating Ignimbrita Blanca and Mucilago de Tuna in the Huancarqui access to the Zafranal mine, Arequipa Region; The methodology is applied type, quantitative approach and experimental-quasi-experimental design, it was obtained as a result that the incorporation of White Ignimbrite (8%, 13% and 18%) influences the soil by increasing its Optimal Moisture Content from 8.9% to 9.2%, Its Maximum Dry Density increased from 1,936 gr/cm³ to 1,955 gr/cm³, the expansion of the soil decreased from 0.7% to 0.44%, finally the CBR increased from 9.5% to 16.5%. Regarding the incorporation of Mucilago de Tuna (30%, 60% and 80%), it was obtained that its Optimum Moisture Content decreased from 8.9% to 8.6%, its Maximum Dry Density increased from 1,936 gr/cm³ to 2,052 gr/cm³, the expansion of the soil decreased from 0.7% to 0.41%, finally the CBR increased from 9.5% to 14.1%, therefore it is concluded that the incorporation of both materials positively influenced the stabilization of the soil since the Optimal Moisture Content, Maximum Dry density, soil expansion and C.B.R are within the design parameters of an unpaved cart, reaching the objectives proposed in the investigation.

Keywords: White Ignimbrite, Prickly Pear Mucilago, C.B.R.

I. INTRODUCCIÓN

Si se desea realizar la construcción de una carretera y esta cuenta con un suelo de muy baja resistencia, impedirá realizar el proyecto de forma inmediata, esto generaría muchos inconvenientes por temas de costo y tiempo, por ello se plantearon dos enfoques de cómo solucionar este problema, el primero es retirar el suelo y reemplazarlo por otro de mejor agregado y la segunda es la más rentable y de mayor uso, estamos hablando de la estabilización los suelos con aditivos.

El problema de estos suelos radica cuando contienen baja composición granulométrica y alta plasticidad, los cuales son vulnerables a muchos factores como los efectos climatológicos y/o agentes atmosféricos, que provocan desgastes y deformaciones.

La estabilización de suelos es aplicada alrededor de todo el mundo, muchos países son pioneros en la aplicación de métodos estabilizantes como por ejemplo Estados Unidos, Francia y España, los cuales innovaron y lograron el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos con la aplicación de cal, cemento y productos bituminosos.

Comúnmente ya se conoce los efectos estabilizantes de algunos materiales, por ejemplo, si nuestro suelo cuenta con un estrato arcillo es recomendable usar cal, por otro lado, si tenemos un suelo con material arenoso es mejor usar bitumen o cemento.¹

En Arequipa existen tres tipos de suelos predominantes, el primero son los suelos rocosos, considerados como duros, el segundo son los suelos semiduros, y el tercero son los suelos blandos arcilloso, la zona de estudio está ubicada en el distrito de Castilla y Caylloma, estas zonas cuentan con diferentes tipos de suelos en algunos lugares son arcillosos y en otros presentan arcilla con poca grava.

¹ (MORENO, y otros, 2005 págs. 113-114)

Arequipa también cuenta con un material muy usado antiguamente en la época de la colonia, en la construcción de casonas y monumentos religiosos empero en la actualidad solo es usado con fines decorativos, estoy hablando de la ignimbrita blanca o toba volcánica blanca clasificado como roca ígnea. el cual es resultado de la una erupción volcánica de aproximadamente 800mil años donde esta masa cargada de gas con muchas partículas rocosas finas en vez de esparcirse por el aire se asentó en el suelo y estas formaron capas las cuales fueron endureciéndose y sedimentándose por años, creando así este material.



Figura 1. Ignimbrita Blanca.



Figura 2. Mucilago de Tuna.

Junto a este también se propone el mucilago de tuna, la cual es extraída de la penca de la tuna joven, esta es usada en diferentes ámbitos como por ejemplo la alimentación, la salud y la belleza, sin embargo, existen pocas investigaciones que utilicen este material como un aditivo estabilizador en el mundo de la construcción.

En conclusión la incorporación de nuevas soluciones y métodos de estabilización de suelos está siendo muy estudiada en estos tiempos, ya que, al implementar novedosas técnicas de mejoramiento, innovamos, por ende, la presente investigación también busca la sostenibilidad y sustentabilidad del material a fin de estudiar el comportamiento del suelo utilizando Ignimbrita blanca y Mucilago de tuna para su estabilización en el acceso no pavimentado Huancarqui, la cual está ubicada entre las zonas de Castilla y Caylloma , región Arequipa ,2019.

Problema General

¿Con la incorporación de Ignimbrita blanca y mucilago de tuna se estabilizará el suelo en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, Región Arequipa 2019?

Problemas Específicos

¿Cuál es la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo?

¿Cuál es la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la expansión del suelo?

¿Cuál es la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la resistencia del suelo?

¿Cuál es la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo?

¿Cuál es la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la expansión del suelo?

¿Cuál es la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la resistencia del suelo?

La investigación se Justifica Metodológicamente por usar materiales poco estudiados como la Ignimbrita Blanca y Mucilago de tuna, y estos son llamados métodos estabilizantes no tradicionales, y lo que se busca es que este tipo de estabilizantes pueda ser utilizada de manera constante y sostenible para que forme parte de los métodos tradicionales como la cal, cemento y mezclas bituminosas.

La investigación se Justifica Ambientalmente por usar materiales de origen natural como la Ignimbrita Blanca y Mucilago de tuna, son materiales que se encuentran en abundancia en el ecosistema actual de Arequipa, estas no presentan ningún

problema al ser usadas. por ello se justifica que el uso de este material no contaminara ni alterar su ecosistema ya que son materia prima de la misma zona.

La investigación se Justifica Socialmente por beneficiar a la población cercana, brindando una mejora en el acceso no pavimentado para una mejor transitabilidad.

La investigación se Justifica Económicamente ya que al tener dos opciones para mejorar el suelo una en la que se tenga que reemplazar el material lo cual resultaría muy costoso es mejor usar este aditivo estabilizador, por ello el usar un material estabilizante de la misma zona resultaría menos costosa en cuanto a transporte y aplicación, se puede decir que nuestro proyecto es sustentable y sostenible.

Objetivo General

Estabilizar el suelo con la incorporación de Ignimbrita blanca y mucilago de tuna en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, Región Arequipa 2019.

Objetivos Específicos

Evaluar la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.

Conocer la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la expansión del suelo.

Determinar la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la resistencia del suelo.

Evaluar la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.

Conocer la influencia de la incorporación de mucilago de tuna en la expansión del suelo.

Determinar la influencia de la incorporación de mucilago de tuna en la resistencia del suelo.

Hipótesis General

La incorporación de Ignimbrita blanca y mucilago de tuna mejorará significativamente la estabilización de suelo en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, Región Arequipa 2019.

Hipótesis Específicas

La incorporación de ignimbrita blanca influirá positivamente en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del suelo.

La incorporación de ignimbrita blanca influirá positivamente en la expansión del suelo.

La incorporación de ignimbrita blanca influirá positivamente en la resistencia del suelo.

La incorporación de mucilago de tuna influirá positivamente en la máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del suelo.

La incorporación de mucilago de tuna influirá positivamente en la expansión del suelo.

La incorporación de mucilago de tuna influirá positivamente en la resistencia del suelo.

II. MARCO TEÓRICO

MENDIZÁBAL, K. (2018) en su tesis ***“Adicción Del Mucilago De Penca De Tuna Para Estabilizar Suelo Arcilloso, Chilca”***, de la Universidad Peruana de los Andes, tuvo como objetivo conocer los efectos de la incorporación de mucilago de penca de tuna en la subrasante para que el suelo arcilloso de la zona de estudio se estabilice con una dosificación de 25%,50%y75%, con el fin de evaluar sus características física y mecánicas del suelo, además de su optima dosificación, El Tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza técnicas ya establecidas y estudiadas. Tiene como población todo el Jirón la unión, distrito de Chilca-Huancayo-Junín que está conformada por 11 cuabras. Su muestra se ubica entre la cuadra 10 y 11 del jirón la unión del distrito de chilca-Huancayo-Junín y Su muestreo es no probabilístico, Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que, a mayor adición de mucilago de tuna, aumento su optimo contenido de humedad y su máxima densidad seca, así mismo su porcentaje de expansión fue disminuyendo al incorporar mayor dosificación de mucilago de tuna y finalmente el CBR incremento de 5.7% de CBR a 7.6%, 9.4% y11.8% en sus dosificaciones de 25%, 50% y75% respectivamente. por lo tanto, se concluye que la adición de este material aumenta las propiedades del suelo considerablemente tomando en cuenta los reglamente y normas existentes que exigen un CBR mayor a 6% además el autor recomienda como porcentaje optimo el 75% de adición de mucilago y profundizar la investigación.

VELÁSQUEZ, C. (2018) en su tesis ***“Influencia Del Cemento Portland Tipo I En La Estabilización Del Suelo Arcilloso De La Subrasante De La Avenida Dinamarca, Sector La Molina”*** de la Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como objetivo evaluar la incorporación del cemento portland Tipo I para estabilizar suelos arcillosos en la subrasante , con el fin de determinar la clasificación del suelo e identificarlos, además obtener los índices de plasticidad, contracción y el CBR con la adición del cemento en una proporción de 1%, 3% y 5%, El Tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza técnicas ya establecidas y estudiadas, Tiene como población los suelos arcillosos que conforman toda la subrasante de la Av. Dinamarca en el sector la molina. Tienen como muestra cuatro exploraciones

obtenidas mediante las calicatas que se realizan a lo largo de la Av. Dinamarca. y Su muestreo es no probabilístico, Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que el contenido óptimo de humedad disminuyo y máxima densidad seca aumento a medida que fueron agregados las dosificaciones, además el porcentaje de expansión disminuyo a su vez el suelo natural el cual tenía un CBR de 1.30% con una compactación de 95%, con la adición de 1% de cemento aumento a 3.5% CBR, con 3% de cemento aumento a 6.63% CBR y con la adición de 5% de cemento su CBR aumento a 13.75% todas a un 95% de compactación. por lo tanto, se concluye a mayor adición de cemento es mayor el aumento de CRB en dosificaciones pequeñas para llegar a un CBR regular el Autor recomienda que la dosificación optima sea a un 4% para que su CBR tenga al menos 10%.

MENA, R. (2018) en su tesis **“Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2019”** de la Universidad Cesar Vallejo, tuvo como objetivo describir los beneficios estructurales de la incorporación del estabilizador y sellante en las propiedades del suelo. El Tipo de investigación es aplicada, Tiene como población a los caminos no pavimentados de Huaral. Su muestra es de un tramo de la calle Morales Bermúdez Su muestreo es no probabilístico, Toma como instrumentos ensayos de laboratorios y sus formatos de los ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que su máxima densidad seca es de 1.992%, su optimo contenido de humedad es de 11.2% el CBR con valores de 24.70% de CBR a 49.40%, 41.60% y 36.70% en sus dosificaciones de 2Lt, 4Lt y 6Lt por m³ respectivamente, por lo tanto, se concluye que a menor cantidad de adición mayor será la resistencia del suelo el autor recomienda como cantidad optima el de 2Lt de estabilizador y a la vez profundizar la investigación.

MOLAE, Alexandra Y RIVERA, E. (2019) en su tesis **“Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica”** de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, tuvo como objetivo mejorar la capacidad de soporte de la subrasante mediante la

estabilización química del suelo incorporando cal en dosificaciones de 9%, 15% y 21%. El Tipo de investigación es aplicada, Tiene como población al suelo de la carretera Villa Rica- Oconal Su muestra está comprendida por 200 kg de muestra de la calicata realizada, Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que, con la adición de cal la máxima densidad seca aumentó de 1.85 gr/cm³ a 1.88 gr/cm³ y que optimo contenido de humedad aumentó de 13.4% a 16.6% así mismo se observó que el CBR obtuvo como valores de 3.8%, 5.9% y 4.1% en las dosificaciones de 9%, 15% y 21% respectivamente, por lo tanto, se concluye que la optimo dosificación de cal en este tipo de suelo es de 15% para estabilizar el suelo.

PARRA, Manuel. (2018) en su tesis **“Estabilización De Un Suelo Con Cal Y Ceniza Volante”** de la Universidad Católica de Colombia, tuvo como objetivo principal realizar una estabilización química en un suelo (Caolín o Arcilla blanca) con la incorporación de dos aditivos la cal y ceniza las cuales fueron dosificadas en proporciones de 2%,4%,6% y 8% como material estabilizante, con el fin de evaluar la resistencia a la compresión y a la tracción llegando a concluir que los ensayos de compresión y tracción para ambos materiales fueron satisfactorios, El Tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza técnicas ya establecidas y estudiadas, Tiene como población un suelo caolín extraída de una zona hidrotermal. Su muestra se conforma de 20 ensayos de laboratorio y Su muestreo es no probabilístico. Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principal resultado que la deformación del suelo ante cargas tiende a disminuir a medida del aumento de cal y en el caso de las cenizas también disminuyen sin embargo sus valores son alejados de la cal todo esto en base al suelo patrón el cual contaba con una deformación inicial de 2.6% y dando como resultado la deformación 1.2% a 1.6% en ambas dosificaciones en un 8%, por lo tanto, se concluye que la adición de cal en los ensayos fue superior a las cenizas volantes , ya que aumentaron considerablemente sus propiedades a la tracción y compresión, en cuanto a las cenizas volantes como material alternativo no tuvo los mejores resultados a la rigidez y flexión a comparación de la cal. el

autor recomienda como porcentaje optimo a ambos materiales entre 4% mínimo y 8 %máximo para llegar a una estabilización optima.

GUAMAN, Israel. (2016) en su tesis **“Estudio Del Comportamiento De Un Suelo Arcilloso Estabilizado Por Dos Métodos Químicos (Cal Y Cloruro De Sodio)”** de la Universidad Técnica de Ambato, tuvo como objetivo determinar el comportamiento de un suelo arcilloso , ante la incorporación de aditivos químicos como cal y el cloruro de sodio con la finalidad de conocer las propiedades iniciales del suelo también conocer las propiedades de los suelos luego de la incorporación de los aditivos y así poder determinar su resistencia máxima y resistencia admisible de estos y así obtener un porcentaje óptimo de cal y cloruro de sodio de 2.5%,7.5% y 12.5% para llegar a estabilizar. El Tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza técnicas ya establecidas y estudiadas, Tiene como población está delimitada por un suelo arcilloso. Su muestra serán todos los ensayos de laboratorio que se realizaran y Su muestreo es no probabilístico. Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que el porcentaje de adición de cal en 2.5 % dio un CBR de 13.45%, con adición de 7.5% dio 20.8% y 12.5 dio 26% en cuanto al cloruro de sodio con adición de 2.5% dio un CBR de 9.3 %, con adición de 7.5 dios 7.5% y con 12.5 dio un 5.8% teniendo en cuenta que el suelo tiene un CBR de 4.85%. por lo tanto, se concluye que a mayor adición de cal el porcentaje de CBR aumenta, sin embargo, en el caso del cloruro de sodio a mayor porcentaje disminuye. el autor recomienda como porcentaje optimo 12.5% a la cal y 2.5% al cloruro de sodio.

ALTAMIRANO, G. Y DIAZ, A. (2015) en su tesis **“Estabilización De Suelos Cohesivos Por Medio De Cal En Las Vías De La Comunidad De San Isidro Del Pegón, Municipio Potosí- Rivas”** de la Universidad Nacional de Autónoma de Nicaragua, tuvo como objetivo mejorar los suelos cohesivos en el acceso a la comunidad san isidro de pegón usando cal hidratada como aditivo estabilizador, con la finalidad de conocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo antes y después de la aplicación del aditivo y determinar los porcentajes de material estabilizante en 3%,6%,9% y 12%, El Tipo de investigación es aplicada, Tiene como población todos los suelos de la Municipalidad de Potosí conformada por 6.33km2 aproximadamente. Su muestra comprende el suelo de las vías de la comunidad de

San Isidro, y Su muestreo es no probabilístico, Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que el CBR obtenido fueron de 35.4%, 57.64%, 64.04% y 36.95% en sus dosificaciones de 3%, 6%, 9% y 12% respectivamente, por lo tanto, se concluye que al añadir las dosificaciones respectivamente aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo, e autor recomienda como porcentaje optimo el 9% de cal y a la vez profundizar la investigación.

TESEMA, Gadise. (2016) en su tesis "**Expansive Soil Stabilization By Sugare Cane Molasses**", de la ADDIS ABABA UNIVERSITY, tuvo como objetivo conocer el potencial que tiene la melaza de caña de azúcar como aditivo estabilizar en un suelo con características expansivas con la finalidad de determinar la óptima dosificación de melaza y su factor económico en la aplicación de suelos expansivos, El Tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza técnicas ya establecidas y estudiadas. Tiene como población un suelo arcillo con características expansivas. Su muestra será una exploración del suelo de 300kg que serán llevados a laboratorio. Su muestreo es no probabilístico, Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que las dosificaciones de 4% dio 4.81% de CBR, 8% dio 6.93 % de CBR, 14% dio 3.85% de CBR y 20% dio 2.89% de CBR, tomando en cuenta que la muestra patrón tuvo un CBR de 0.77. estos valores se dieron por ensayos de CBR sumergidos, por lo tanto, se concluye a medida que se aumente la dosificación de Melaza de caña de azúcar en 8% los valores de CBR disminuirán por ellos el autor recomienda que se tome 8% como dosificación optima y que se investigue mayores dosificaciones superiores a la ya estudiada para comprobar el comportamiento de la melaza en la estabilización de suelos expansivos.

MWANGA, Eliafle. (2015) en su tesis "**Stabilization of Silt Clay Soil Using Molasses for Small Dam Embankment Construction as inner Zone**" de la University Of Nairobi, tuvo como objetivo estabilizar el suelo arcilloso- limoso usando melaza negra tomando en cuenta su densidad y viscosidad, con la finalidad de mejorar la adherencia de las partículas del suelo, de esa manera permitir la unión de estas para así estabilizar el suelo del terraplén tomando en cuenta la dosificación

de 0%, 5%, 5.5%, 6.0%, 6.5%, 7.0% y 7.5% de melaza a la muestra de suelo. Los cuales serán probadas para verificar su resistencia al corte, permeabilidad y compactación. El Tipo de investigación es aplicada, ya que utiliza técnicas ya establecidas y estudiadas, Tiene como población el suelo arcilloso limoso. Su muestra serán 7 exploraciones del suelo arcilloso y Su muestreo es no probabilístico. Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principal resultado en su dosificación de 6.5% aumento su cohesión de 6 kn/m² a 43.8 kn/m², disminuyo el contenido de humedad de 12% a 10% y su permeabilidad disminuyo de 6.062×10^{-5} a 2.105×10^{-5} , por lo tanto, se concluye que la melaza aumento las propiedades del suelo arcilloso, como el aumento en la cohesión, disminuyo el contenido de humedad y permeabilidad, por ello el autor recomienda que la dosificación optima sea de 6 a 6.5%, además de profundizar el estudio de la descomposición de la melaza en el suelo y sus efectos.

ABDULSATTAR, Zaid. (2015) en su tesis **“Soil Stabilization with rice husk ash and cement”** of the University Kuala Lumpur, tuvo como objetivo mejorar las propiedades del suelo, con una dosificación de ceniza de cascara de arroz (5%, 10% y 15%) y cemento (6%) y minimizar el uso excesivo de cemento. El Tipo de investigación es aplicada, Tiene como población todos los suelos arcillosos de Malasia. Su muestra es un tramo de la carretera entre Kuala Lumpur y Malaca, Toma como instrumentos formatos de ensayos y fichas de análisis de laboratorio. La investigación tuvo como Principales resultados que con la adición de la ceniza de cascara de arroz disminuye la densidad seca máxima y aumentó el contenido óptimo de humedad, mejorando el CBR de un 8.5% al 18.5% de CBR, por lo tanto, se concluye que al realizar el estudio se encuentra un suelo arcilloso y al añadir cenizas de cascara de arroz aumenta las propiedades del suelo el autor recomienda como el porcentaje optimo es de 6% de ceniza de cascara de arroz en este tipo de suelo y profundizar la investigación.



Figura 3. Depósito natural de Ignimbrita Blanca.

La *ignimbrita blanca* o también conocida como toba volcánica blanca es una roca formada por la acumulación de piroclastos, muy ligera y porosa, el término proviene del griego pyros que significa fuego y klastos que significa piedra, estas rocas como ya se mencionó antes son fragmentos piroclásticos que se dispersaron en forma aérea para luego caer hacia la superficie de la tierra y acumularse, cabe destacar que existe una variedad de materiales piroclásticos los cuales se pueden distinguir entre las cenizas las cuales tiene un tamaño de 2mm, lapilli de 2 a 6mm y bombas volcánicas mayores a 64mm².

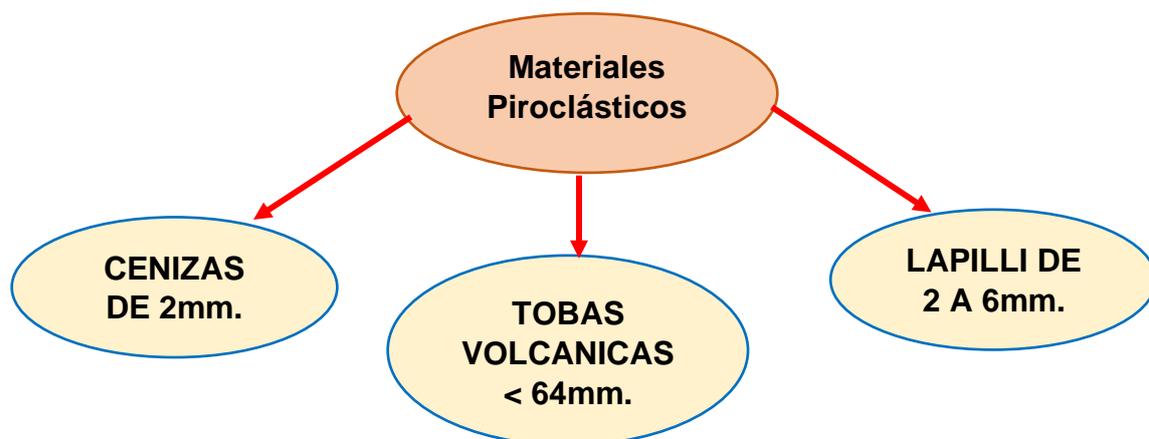


Figura 4. Tipos de materiales Piroclásticos

² (ESCOBAR pág. 111)

La ignimbrita blanca pertenece a las rocas piroclásticas y estas a su vez pertenecen a una categoría llamada rocas ígneas que provienen del latín igneus también son conocidas como rocas magmáticas³.



Figura 5. Fragmento de Ignimbrita Blanca.

A su vez las rocas ígneas están conformadas por siete grandes grupos, y la clasificación fue gracias a la comunidad de IUGS (internacional unión of geological sciences), y dentro de estos grupos se encuentran las ignimbritas⁴

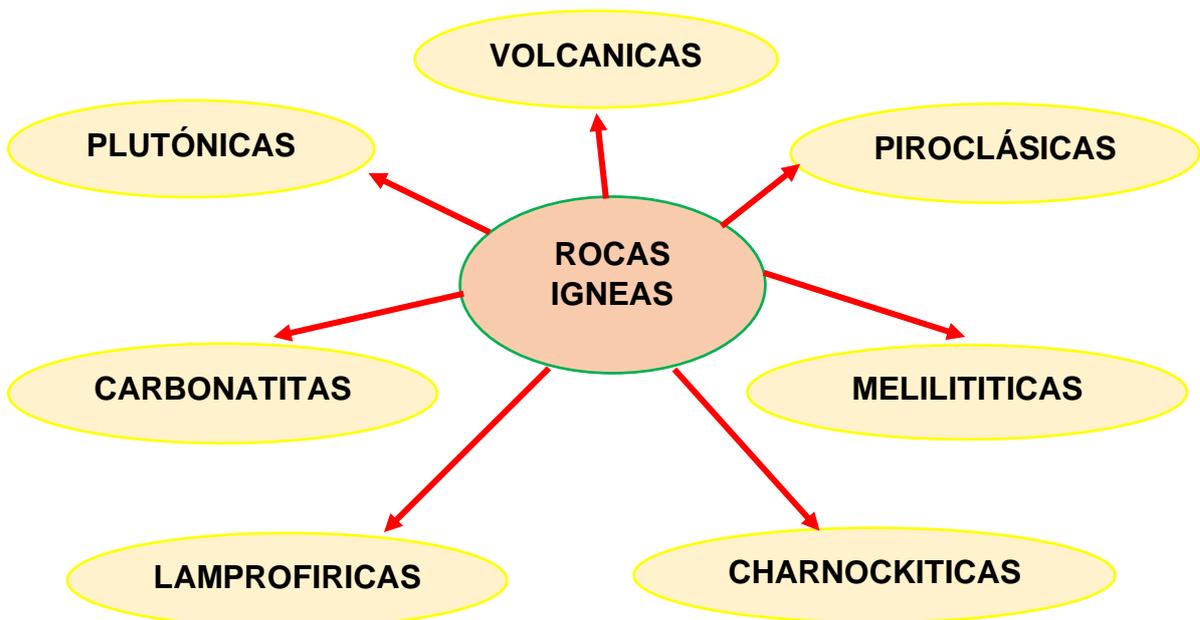


Figura 6. Tipos de Rocas Ígneas

³ (ESCOBAR pág. 86)

⁴ (ESCOBAR pág. 94)

El origen de la ignimbrita blanca es particular ya que son formaciones de cenizas volcánicas expulsadas producto de una erupción volcánica las cuales se asentaron en los suelos ⁵.

el asentamiento de las cenizas volcánicas en los suelos se fue formando mediante la acumulación de las erupciones al el pasar de los años



Figura 7. Depósito de Fragmentos medianos de Ignimbrita Blanca.



Figura 8. Ignimbrita Blanca en polvo fino.

La ignimbrita o toba volcánica está formada por materiales piroclásticos que fueron expulsadas o arrojadas por un volcán, estas se asentaron y se consolidaron, se puede distinguir por su porosidad⁶

La ignimbrita blanca es el producto de la cristalización del material que es expulsado por los volcanes, sus propiedades varían de acuerdo al grado de conformación de este material⁷

Las actividades volcánicas se producen principalmente a en el cinturón de fuego del pacifico, estas al hacer erupción expulsan diferentes materiales, entre ellas se encuentra la ceniza volcánica la cual en los últimos años está siendo investigada de manera constante, estas cenizas son muy particulares ya que cuando se

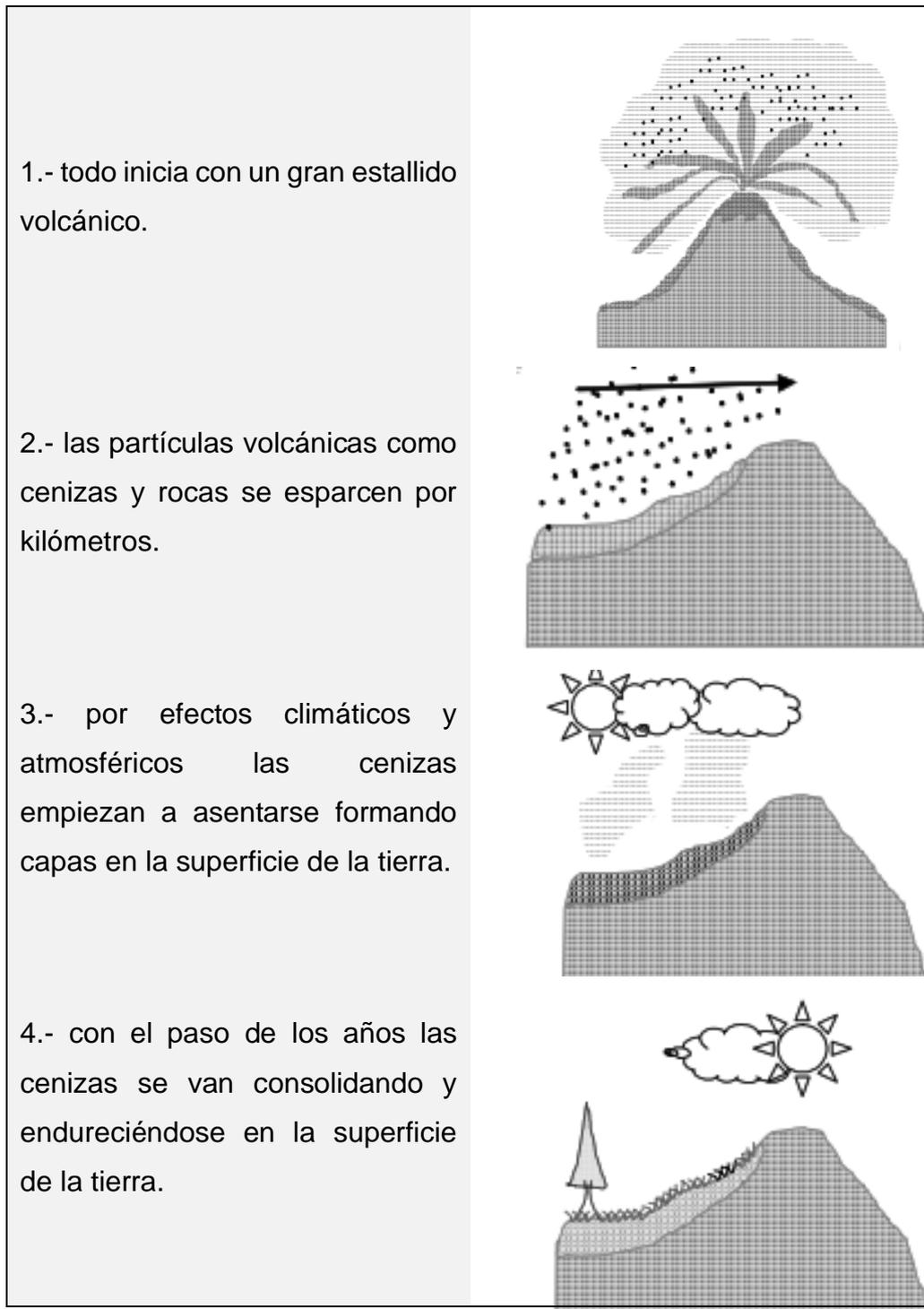
⁵ (LIZCANO A., y otros, 2006 pág. 169)

⁶ (SUAREZ pág. 364)

⁷ (SUAREZ pág. 364)

depositan en el suelo pasan por fases de meteorización la cual varia su composición química⁸

Tabla 1. *Proceso de formación de la Ignimbrita Blanca.*



Fuente: Elaboración Propia.

⁸ (GOMEZ, y otros, 2011 pág. 1)

La localización para la mejor obtención de la ignimbrita se encuentra en el distrito de cerro colorado en el departamento de Arequipa, en esta zona existen muchas canteras en su mayoría de ignimbrita blanca y en poca cantidad de ignimbrita rosada y amarilla.



Figura 9. Mapa de las diferentes canteras de Ignimbrita Blanca

En cerro colorado podemos encontrar la famosa cantera Añashuayco de fácil acceso muy cerca al puente Añashuayco, que por muchos años fue explotada por los canteros, sin embargo, en la actualidad se encuentra abandonada, por otro lado, una cantera con un acceso algo accidentado pero que actualmente está siendo explotada es la cantera La Culebrilla, ubicada casi al final de la ruta Arequipa-la joya, sin embargo lo que resulta dificultoso es el acceso a esta cantera por la falta de unidades de transporte y la falta de seguridad esto debido a la no culminación del puente que une la carretera Arequipa - la joya, empero se espera que al culminar dicho puente la carretera sea más transitada y se pueda encontrar mayores unidades para el transporte del material; finalmente la cantera que está siendo explotada de manera muy pasiva y casi anónima es la cantera Señor de la Caña ubicada muy cerca de la carretera la Arequipa – la joya aproximadamente en el kilómetro 4+000, hoy en día solo hay 2 canteros cada km ,lo que hace pensar que

es un cantera joven, por su fácil acceso , seguridad y abundancia de ignimbrita blanca , es la más recomendable si se desea hacer una investigación y extraer material.

Existen diferentes tipos de ignimbrita, hay una variedad de ella, como ya se sabe varían de acuerdo a su formación sin embargo solo hay tres en la actualidad que se siguen usando, algunas por su fácil extracción otras por su dureza y algunas por su fácil manejo a continuación visualizaremos los tipos y usos de la ignimbrita:

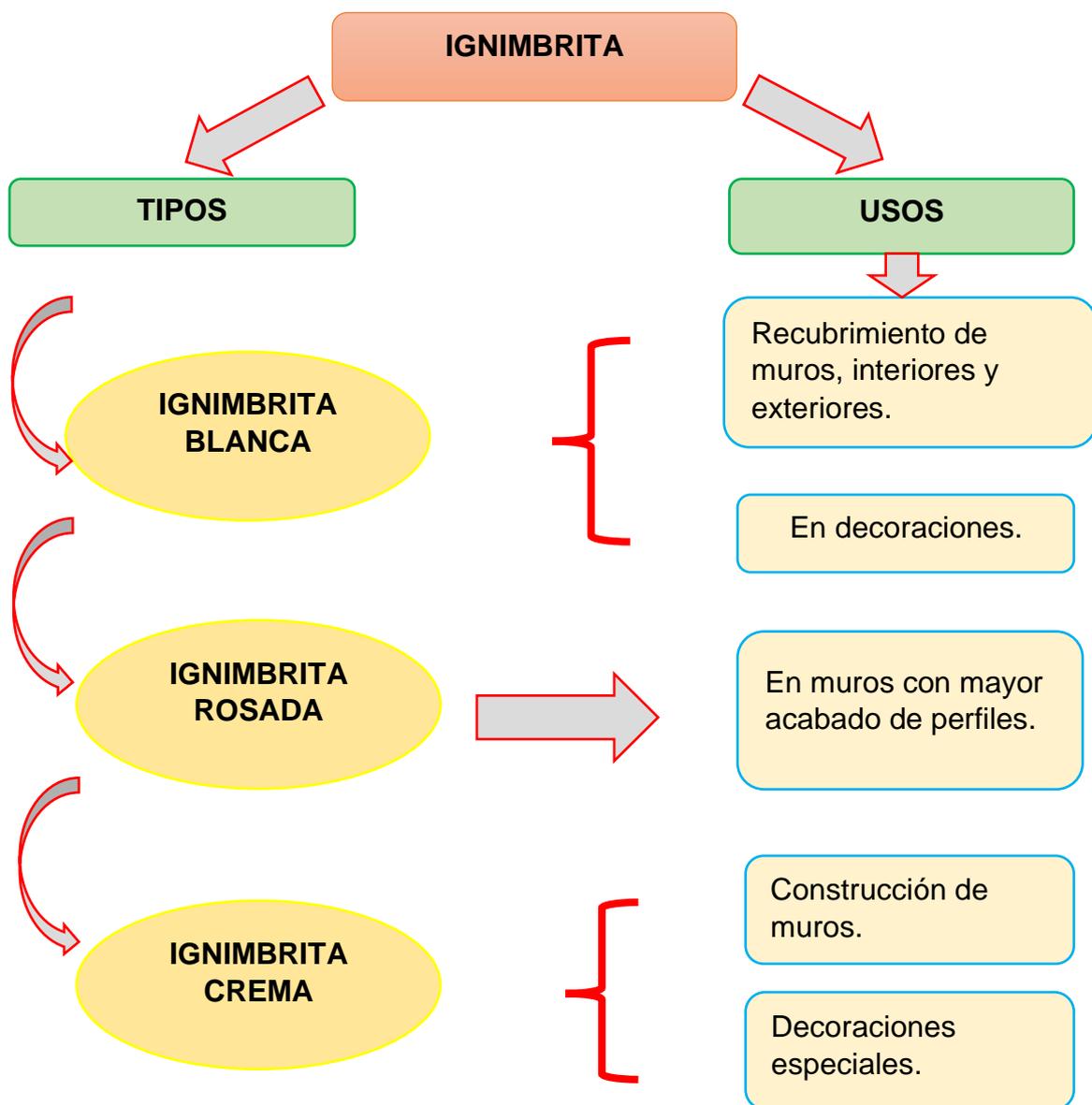


Figura 10. Tipos y Usos de la ignimbrita Blanca.

La *Composición mineralógica* de las rocas ígneas tiene como elemento principal a los silicatos o también llamado magmas, que a su vez están conformados por los siguientes elementos:

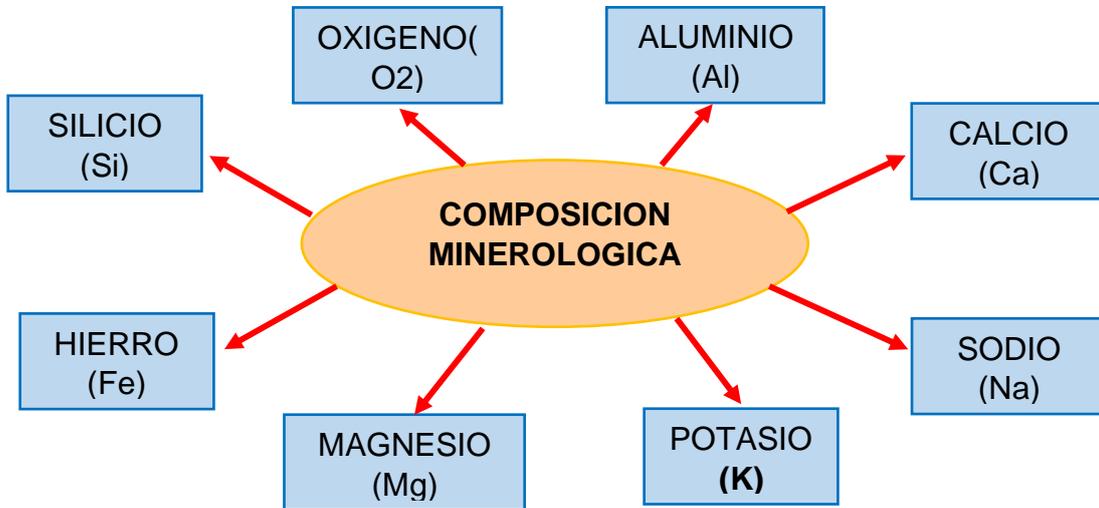


Figura 11. Composición Mineralógica de las Rocas Ígneas.

Estos elementos conforman casi el 99% de los silicatos, además también cuentan con oro, plata, azufre uranio, gases, en conclusión, la composición mineralógica de ignimbrita puede variar y esta variación depende del tipo de volcán y de los componentes que lo conforman⁹



Figura 12. Vista Macroscópica de la Ignimbrita Blanca.

⁹ (ESCOBAR pág. 89)

El estudio mineralógico de la ignimbrita se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de Ingeniería, obteniendo como resultado lo siguiente ¹⁰

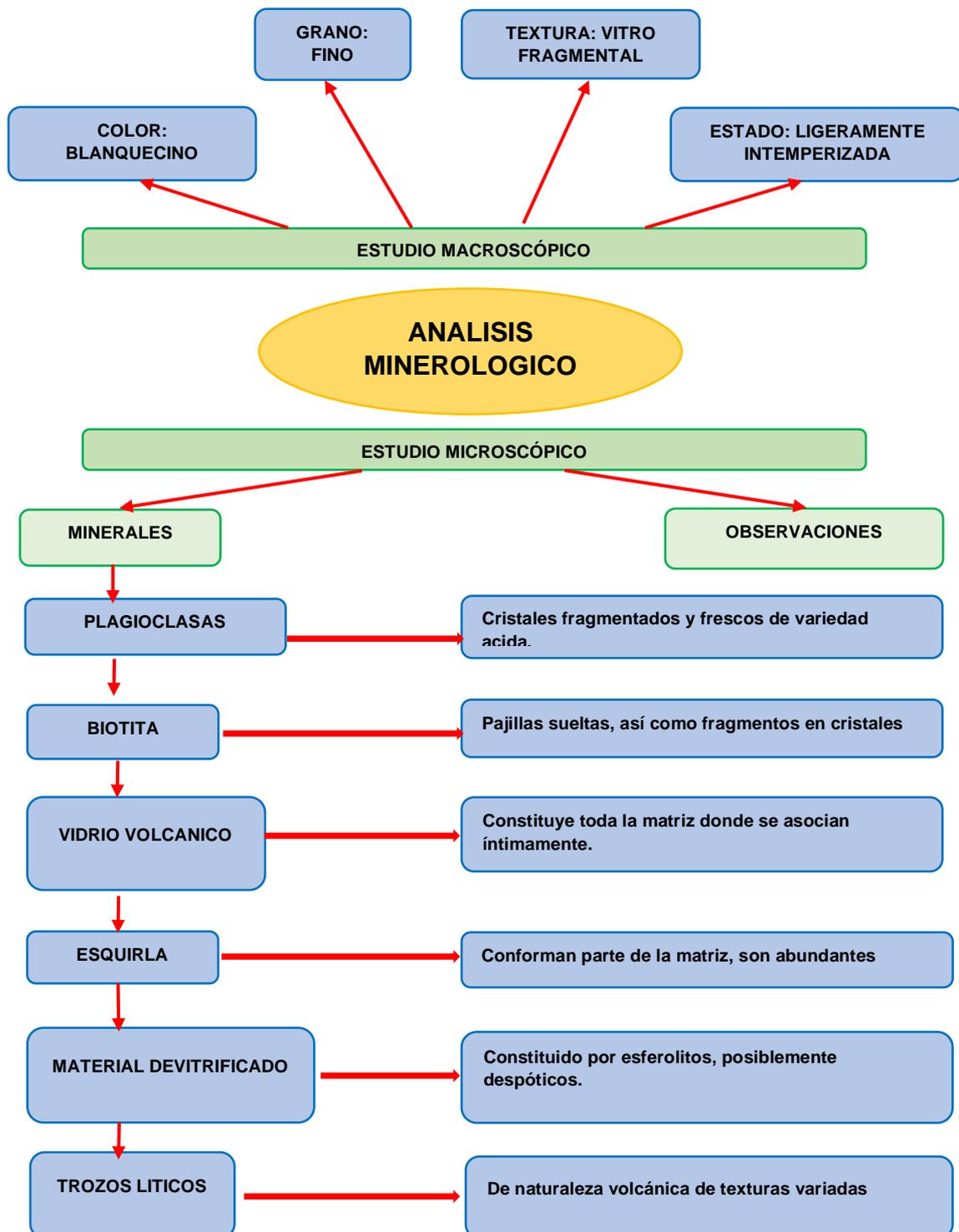


Figura 13. Propiedades de la Ignimbrita Blanca.

¹⁰ (LARA, 1988 pág. 9)

Las propiedades de la ignimbrita varía dependiendo de la fuente y la formación de estas, en algunos casos es extremadamente dura y otras muy blandas, si hablamos de su morfología cuentan con una textura muy fina y otras muy ásperas, su composición química también está sujeta a cambios de acuerdo a su origen, no se puede asegurar que la ignimbrita de Arequipa es igual a la de otro lugar en el Perú o en el mundo , cada uno cuenta con diferentes propiedades , por ello a continuación detallaremos en una y tabla sus propiedades físicas , químicas y mecánicas más resaltantes.

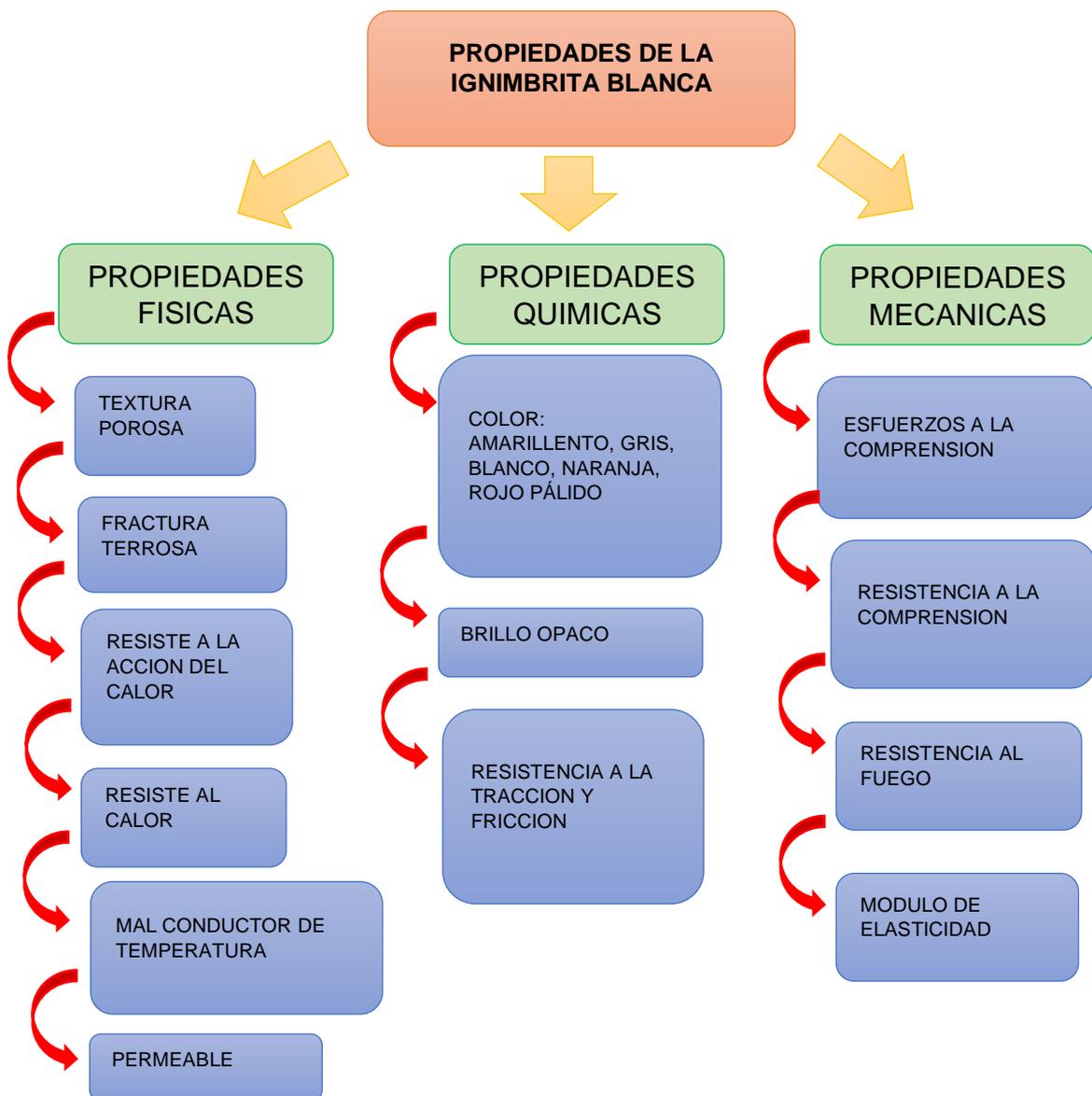


Figura 14. Análisis Mineralógico de la Ignimbrita Blanca.

La tuna o nopal por ser importante en diferentes campos y ámbitos no solo alimenticios, tiene la particularidad de tener diferentes nombres, en el Perú se le conoce como tuna, pero el nombre tiene origen caribeño, y esto tiene relación a la llegada de los españoles a América, originalmente se le conocía como taino, pero a lo largo de los años este nombre fue cambiando¹¹

La tuna o nopal se encuentra dentro de la familia de las cactáceas o cactus, estas plantas se caracterizan por encontrarse en entornos áridos, sin embargo, también se pueden encontrar en zonas con diferente clima esto se debe a su fácil adaptabilidad¹²

En Perú se le conoce como tuna tanto al fruto como a la planta, sin embargo, el nombre con el que se le conoce a nivel mundial en habla hispana es nopal, existen una variedad de tipos de tunas a nivel mundial y lo más inverosímil es la gran adaptabilidad que tiene esta planta para crecer en zonas que una planta no podría prosperar, en Perú se puede encontrar en la costa, sierra y selva.



Figura 15. Planta de Tuna La Joya – Arequipa.

¹¹ (INGLESE, y otros, 2018 pág. 17)

¹² (APAZA pág. 13)

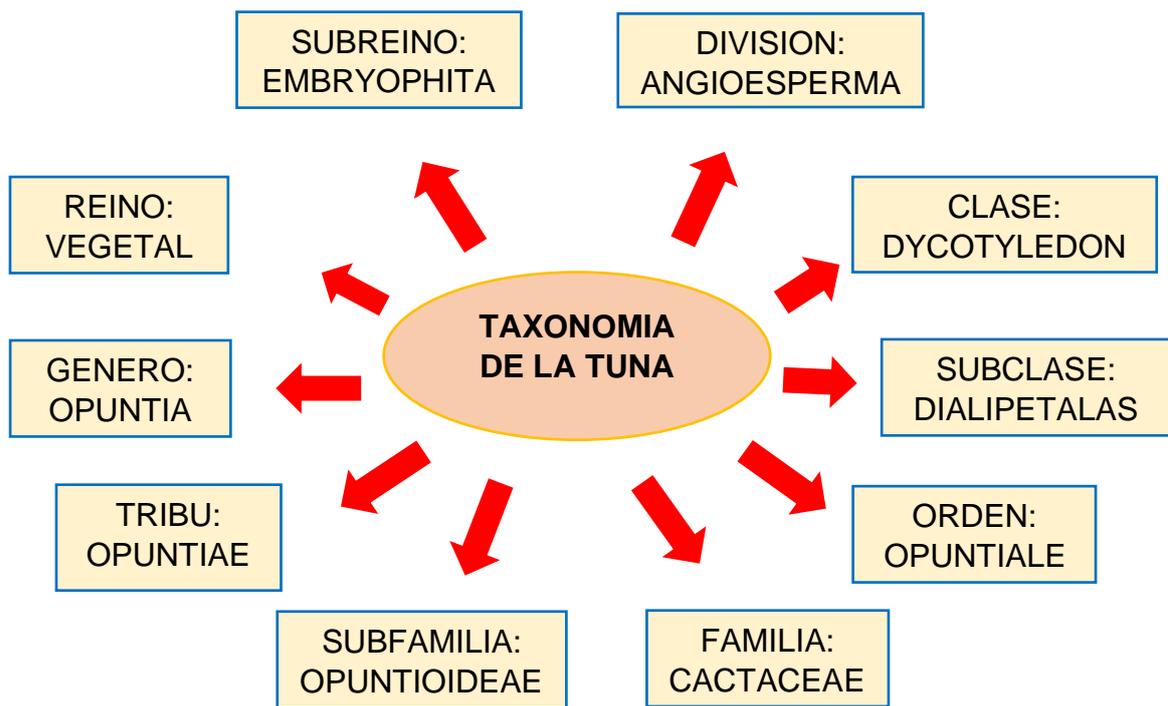


Figura 16. Taxonomía de la Tuna.

El cultivo de tuna es abundante en valles como los que cuenta Arequipa, los cuales pueden ser cosechados en cualquier época del año además de que se adapta a cualquier tipo de terreno¹³

En la actualidad el Perú se tiene prioridad las producciones de tuna para la cochinilla lo cual se estima en 60%, el otro 40% está destinado a la producción de frutos y abastecimiento de los mercados nacionales e internacionales, entre las zonas que tiene mayor producción se tiene Ayacucho, Huarochirí y Arequipa¹⁴

En el valle de la joya se cultiva extensamente la tuna, donde su mayor producción está destinada a la producción de cochinilla y un sector pequeño a la producción del fruto, por ello es común ver cultivos podados muy seguidos, esto se debe a que la tuna que tiene cochinilla se le poda a los 3 meses, y las pencas podadas se desechan hasta que se sequen por completo.

¹³ (APAZA pág. 13)

¹⁴ (INGLESE, y otros, 2018 pág. 5)

El mucilago de tuna o hidrocoloide está siendo muy investigado en los últimos años con una finalidad en el sector médico, este material es extraído de las pencas y frutos de las tunas o nopales, sin embargo, la extracción de este material es muy compleja y costosa, aun así, las metodologías de su extracción despiertan el interés en seguir investigando por su alto índice en efectividad en la protección de la mucosa gástrica¹⁵



Figura 17. Mucilago de Tuna o Hidrocoloide de Tuna.

Para la extracción de mucilago de tuna es necesario la materia prima (las pencas de tuna), luego se tiene que limpiar del polvo y otros agentes, luego se tiene que proceder a quitarle las espinas y lavar nuevamente, el paso siguiente es cortar en trozos pequeños y dejar macerar por 24 horas¹⁶.



Figura 18. Limpieza de la Pencas de Tuna

¹⁵ (SAENZ, 2006 pág. 106)

¹⁶ (APAZA pág. 32)

La metodología más usada en la actualidad consiste en limpiar las pencas de tuna y sumergirlas en agua, tomando en cuenta el peso de las pencas ya cortadas y el peso del agua, la relación tiene que ser de (1:1), el tiempo que tienen que macerar es aproximadamente a 18 días a una temperatura ambiente, sin embargo, otras varían entre 7 a 14 días con una temperatura de 25°, pero todo depende de la temperatura. Este método fue probado para en adición a mezclas de cementos los cuales dieron como resultado en aumento en su durabilidad¹⁷

Para la extracción de mucilago de tuna se trituro el material para luego ser macerada a una temperatura de 40°, la cantidad entre la mezcla de agua y penca triturada es de 1:1 y la maceración se tiene que hacer por al menos 72 horas, luego se procederá a filtrar y separar la materia sólida¹⁸

Los cladodios están compuestos de mucilago y la pectina, compuesto muy viscoso que se usa para la preparación de productos de consumo como los jugos¹⁹

El mucilago o hidrocoloide se extrae de los cladodios, se considera como una sustancia polimérica, la cual está compuesta por arabinosa, galactosa, xilosa y ácido galacturónico²⁰

El mucilago de tuna tiene como composición carbohidratos como la L-arabinosa, D-galactosa, Ácido D-galacturónico, L-ramnosa y D-xilosa²¹

Estos compuestos se encuentran en los cladodios, fruta y cascara, sin embargo, se tiene que tener en cuenta que los hidrocoloides están en mayor cantidad en las pencas maduras, ya que pueden almacenar mayor cantidad que una penca joven²²

¹⁷ (SUAREZ pág. 109)

¹⁸ (ARANDA, y otros, 2016 pág. 315)

¹⁹ (INGLESE, y otros, 2018 pág. 141)

²⁰ (RAMOS, y otros, 2017 pág. 3)

²¹ (GARCIA, y otros, 2013 pág. 18)

²² (SAENZ, 2006 pág. 21)

actualmente se usa el mucilago de tuna como componente de las pinturas impermeabilizantes contra los climas helados y la humedad ambiental, esta se puede aplicar en la protección de construcciones con tierra y cemento²³

También se está estudiando el uso del mucilago para contrarrestar la corrosión y clarificantes de agua²⁴

en los países de México y Chile el mucilago de tuna se usa como clarificante de agua, ya que se sabe que para la clarificación comúnmente se usan polímeros solubles ya que estas encapsulan las partículas de lodo y al ser pesadas se sumergen, además de eso también se usa como aditivo para la cal²⁵

En el Perú también se utilizó mucilago de tuna para estabilizar bloques de adobe, y se comparó con la cal sin embargo los resultados no fueron como se esperaba, esto se debió a las dosis en baja cantidad (10%)²⁶

en la ciudad de México se reportan casos del uso de mucilago en adición con la cal para que estas puedan aumentar sus propiedades de adhesión e impermeabilidad contra el agua, también se usó junto con el yeso en paredes de adobe y ladrillo, también hay reporte del uso del mucilago y la cal en restauración y protección de edificios históricos de la ciudad de México²⁷

También se hizo un estudio por parte de los investigadores hermandes y serrano, los cuales adicionaron mucilago de tuna en un porcentaje de 0.5g a la mezcla y el resultado que obtuvieron fue una mejor resistencia a la compresión y sus características mecánicas que llegó a los 151.8 kg/cm² a los 28 días a comparación de la muestra inicial la cual alcanzó 125.6 kg/cm²²⁸

²³ (CASTRO, y otros, 2009 pág. 31)

²⁴ (TORRES, y otros, 2010 pág. 10)

²⁵ (SAENZ, 2006 pág. 109)

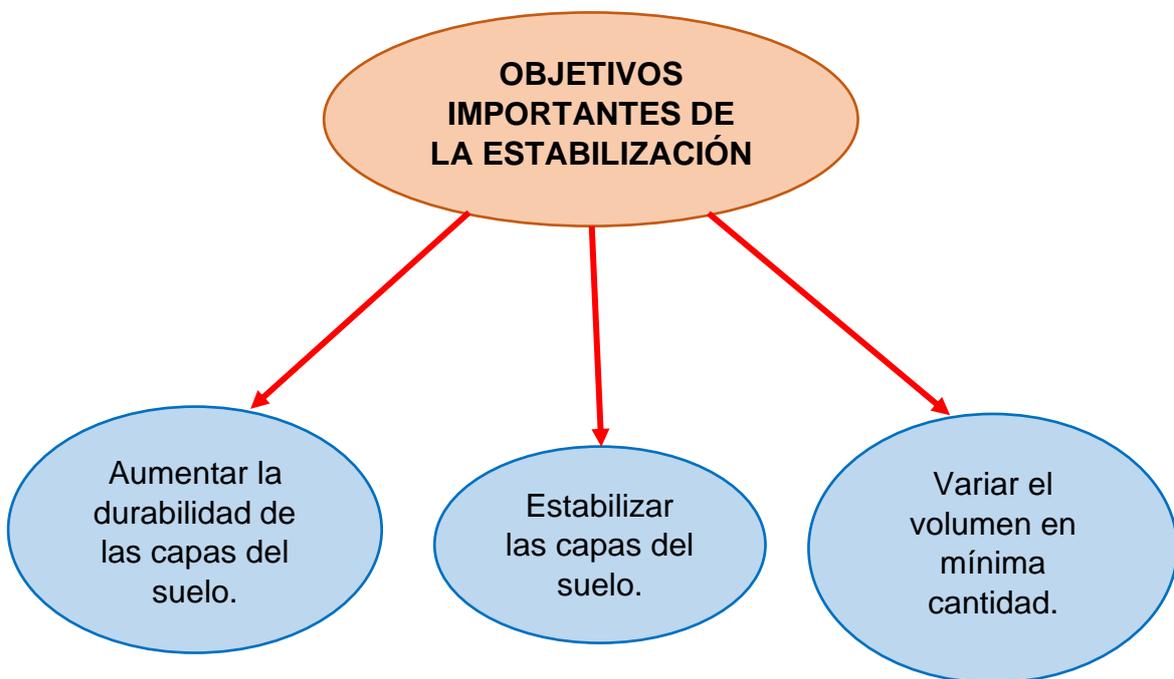
²⁶ (SAENZ, 2006 pág. 109)

²⁷ (SAENZ, 2006 pág. 109)

²⁸ (SAENZ, 2006 pág. 109)

En la actualidad se está realizando estudios para prevenir la corrosión empleando los cladodios, En Hammouch et al (2004), Marruecos informaron que para prevenir de una manera satisfactoria la corrosión del hierro usaron una muestra acuosa obtenida del cladodio. Por otra parte, Torres Acosta et al (2005), descubrieron que con la incorporación del mucilago de cladodios se logra evitar la corrosión de las barras de acero en una estructura de concreto, en el 2004 evaluaron de cómo mejorar las propiedades anticorrosivas del concreto con la incorporación del nopal y el aloe vera²⁹

La estabilización de suelos se basa en incorporar y/o combinar materiales para poder incrementar las propiedades físicas , mecánicas y químicas del suelo, esto puede darse de diferentes manera mediante una estabilización mecánicas mezclando diferentes tipos de suelos y estabilizaciones químicas - físicas usando aditivos, todo esto para aumentar sus condiciones geotécnicas entre las principales la resistencia mecánica que dotara de estabilidad , durabilidad y una mínima diferencia volumétrica³⁰



²⁹ (SAENZ, 2006 pág. 110)

³⁰ (ELIZONDO, 2008 pág. 10)

Si se desea usar el método de reemplazo de material para un mejoramiento de suelo por experiencia se determinó que no es un método que de buenos resultados debido a que no todo el suelo de mala calidad pueda ser retirado en un 100% y el suelo que reemplace este material puede que pierda las características mecánicas en el transporte por efectos de la humedad³¹

Para un óptimo diseño de una estabilización se tiene que tener en cuenta factores importantes como la resistencia, la durabilidad, permeabilidad y compresibilidad, por ello se tiene que pensar en el material que se desea usar para estabilizar tomando en cuenta la dosificación de este y que se espera obtener³²

La estabilización de suelos es el proceso que tiene por finalidad mejorar las propiedades de estos, a fin de que puedan ser usadas para una determinada tarea, por ello es mejorarlas y que cumplan con los estándares deseados.³³

Es importante entender que la estabilización de suelos es un mejoramiento a sus propiedades mecánicas, físicas y químicas, sin embargo, la mejora característica y las más notoria es la mecánica, debido a que el mejoramiento induce a un aumento en su resistencia, lo cual implica mayor cohesión entre partículas y adecuados parámetros de humedad. Todo esto se hace con la finalidad de alcanzar tres objetivos primordiales, que el suelo sea estable a las cargas a las que fueron estudiadas, que la estructura de esta sea más durable y finalmente que estas no varíen en función al volumen.³⁴

Por ello se propone que cuando se estabiliza un suelo es para mejorar y aumentar las propiedades de este, para así hacerlas más resistentes, durables y estables, además de poder soportar las condiciones del lugar en él se piensa trabajar. De esa forma se puede aprovechar y usar para la construcción.

³¹ (MONTEJO, 2002 pág. 95)

³² (GARNICA, y otros, 2002 pág. 10)

³³ (MONTEJO, 2002 pág. 75)

³⁴ (ELIZONDO, 2008 pág. 10)

En la actualidad hay tres tipos de estabilizaciones, tenemos la estabilización química, la física y la mecánica, cada uno tiene una determinada manera de uso y aplicación.

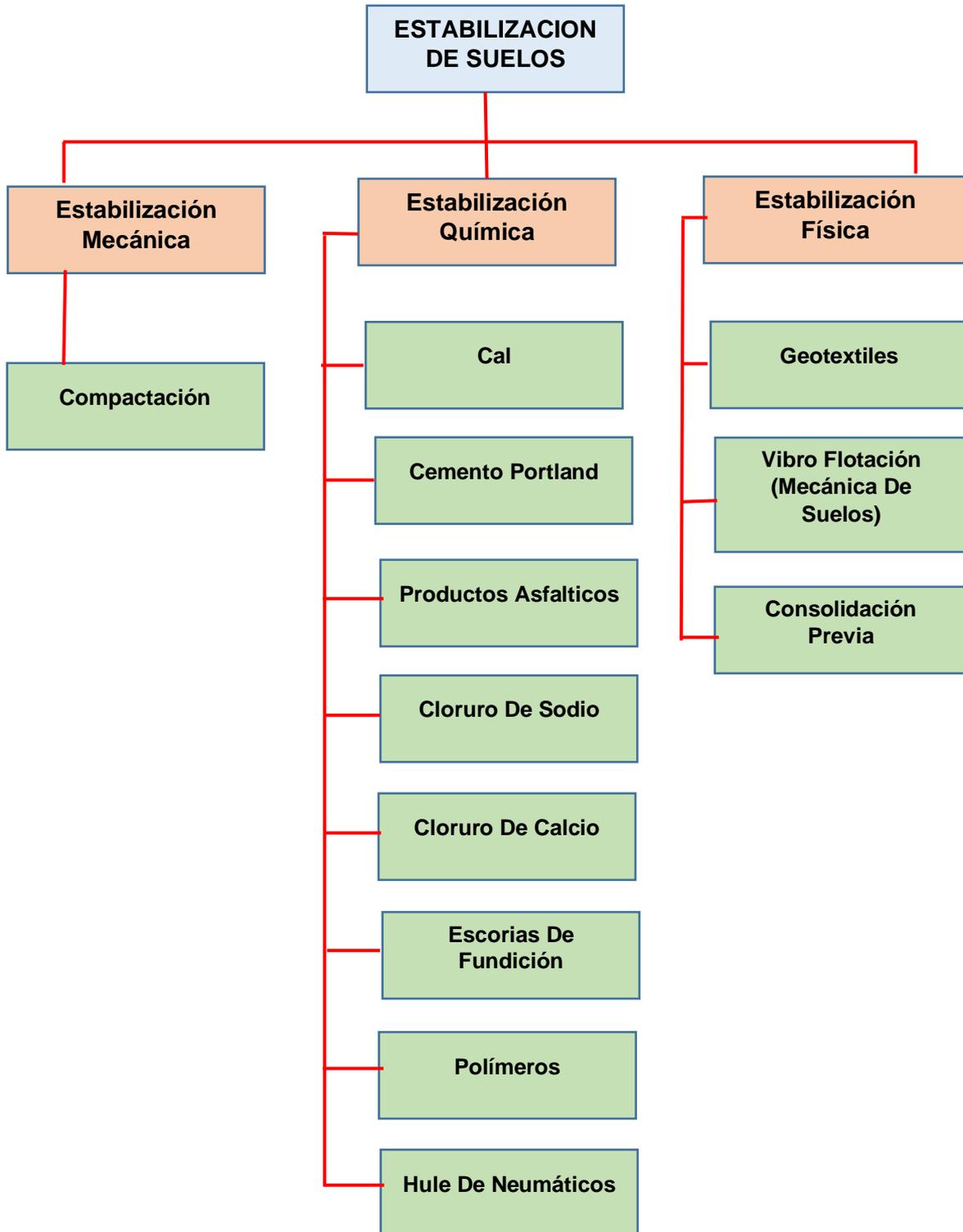


Figura 20. Tipos de Estabilización de suelos.

La cal se considera como un producto muy común a la hora de estabilizar un suelo, ya sea cal viva o cal hidratada, la cal se aplica generalmente para suelos de alta plasticidad por lo que al incorporar la cal se puede notar el aumento en su trabajabilidad, resistencia y disminución de su plasticidad, tomando en cuenta la dosificación en peso que va desde 3 a 8 % dependiendo del índice de plasticidad que tenga el suelo³⁵

La cal sirve para estabilizar suelos limosos y arcillosos, y se comprobó que las propiedades físico – químicas mejoran, si solo se desea una estabilización sin efecto cementante la dosificación es de 1 a 3% y caso contrario si se desea un efecto cementante es mejor aplicar una dosificación de 2 a 8% todo esto en función al peso del suelo³⁶

Se hicieron muchos estudios que tuvieron como finalidad investigar nuevas formas de estabilización no tradicional que mejoren las propiedades del suelo mecánica, física y químicamente, se pueden clasificar de la siguiente manera³⁷

Tabla 2. *Estabilizadores no tradicionales I*

CATEGORÍA	DESCRIPCIÓN
<i>RESINAS DE PETRÓLEO</i>	Se utilizan como supresores de polvo o estabilizadores
	Se utiliza para suelos granulares
	Su funcionamiento se base en la adhesión de las partículas del suelo que forma una capa impermeabilizadora
<i>POLÍMEROS</i>	Se utilizan como supresores de polvo o estabilizadores
	Son resistentes al agua por la fuerte adhesión entre partículas por lo que permiten imperabilizar las capas estabilizadas.
<i>RESINAS VEGETALES</i>	Son productos de la industria de madera y papel
	Su efecto adhesivo es menor que el de los polímeros, pero también funcionan mejor en suelos granulares que en finos
	Generan menos infiltración, pero su efectividad puede ser variable

Fuente: Adaptado de Ulate,2017, Estabilización de suelos y Materiales granulares en caminos de bajo volumen de transito

³⁵ (ULATE, 2017 pág. 7)

³⁶ (RODRIGUEZ, y otros, 2005 pág. 114)

³⁷ (ULATE, 2017 págs. 1-2-3)

El uso de resinas y polímeros como material estabilizante tiene como finalidad la impermeabilización de agua, ciertas resinas sintéticas como la anilina y fufural que tienen un origen orgánico se demostró que la aplicación de estos en los suelos aumenta la resistencia y la cohesión, mejora de manera notable todo va depender del suelo y el aditivo estabilizante³⁸

Normatividad

NTE CE.010 PAVIMENTOS URBANOS aduce en el capítulo 3 que la profundidad mínima para la exploración de un suelo debe ser 1.50m, y que el número de investigaciones tiene que ser de acuerdo a su tipo de vía (expresas, arteriales, colectoras o locales) con un mínimo de (3) y ser llevadas al laboratorio y seguir los procedimientos según la norma. Además de todas estas muestras se tiene que realizar como mínimo (1) CBR por cada (3) exploraciones.

EI MANUAL PARA EL DISEÑO DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO aduce que, si se realiza exploraciones y estas se puedan reconocer el suelo de manera inmediata su clasificación, se recomienda realizar algunas calicatas cada 500 m, caso contrario si resulta difícil se deberá realizar un programa de exploraciones y sus respectivos ensayos de laboratorio.

Tabla 3. *Categorías de la Sub-Rasante*

CATEGORIAS	CBR
S0: Subrasante muy pobre	CBR < 3%
S1: Subrasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2: Subrasante regular	CBR = 6% - 10%
S3: Subrasante buena	CBR = 11% - 19%
S4: Subrasante muy buena	CBR > 20%

Fuente: Manual de diseño de carreteras no pavimentada de bajo volumen de tránsito (pag.130)

Aquí también podemos tener valores ya establecidos en cuanto a la capacidad portante y los resultados CBR de laboratorio para la subrasante menores a 3% se

³⁸ (LOPEZ, y otros, 2010 págs. 163-164)

considera muy pobre, de 3 a 5% pobre, de 6 a 10% regular, 11 a 19% buena y mayores a 20% muy buena,

EL MANUAL DE CARRETERAS SUELOS, GEOLOGÍA, GEOTECNIA Y PAVIMENTOS nos detalla los rangos de CRB que debía tener una subrasante, varia muy poco en relación a otros manuales en los que CBR de 3% se considera inadecuada, CBR de 3 a 6% pobre, 6 a 10% regular, 10 a 20% buena, de 20 a 30% muy buena y mayores a 30% excelente.

Tabla 4. *Categorías de la Sub-Rasante*

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	CBR = 3% - 6%
S2: Subrasante Regular	CBR = 6% - 10%
S3: Subrasante Buena	CBR = 10% - 20%
S4: Subrasante Muy Buena	CBR = 20% - 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR > 30%

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" (pag.40)

EL MANUAL DE ENSAYOS DE MATERIALES del MTC-2016, nos indica que los materiales deben cumplir ciertos estándares y procedimientos para la elaboración de los ensayos de laboratorios y campo.

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo Y Diseño De Investigación

Diseño De Investigación

si el investigador toma una variable y la manipula independientemente de manera que esta pueda resultar positiva o negativamente, además esta pueda ser medible y evaluada, hace que la investigación se considere experimental.³⁹

El autor trata de explicarnos que, si se realiza un diseño de investigación de manera experimental, estos tienen una finalidad y es la de poder observar las causas y efectos de la combinación de variables independientes y dependientes, por ende, la presente investigación tiene como *Diseño: Investigación Experimental - Cuasiexperimental* (por el hecho de relacionar y comparar variables)

Tipo De Investigación

Toda investigación científica cuenta con dos tipos de investigación, por una parte, tenemos cuando el investigador desea aportar conocimientos no existentes a como de contribución para la ciencia, por otro lado, se tiene el investigador que no aporta nada a nuevo en la investigación, sin embargo, su función es la de probar y verificar los métodos, por ello a la primera se le conoce como básica o aplicada y a la segunda como investigación aplicada.⁴⁰

Ambos autores nos dan a entender que para resolver un problema de forma aplicada podemos utilizar herramientas o métodos ya establecidos que brindan mayor rapidez la hora de obtener resultados, por ello podemos concluir que nuestro *Tipo de Investigación es Aplicada*, ya que usaremos herramientas e instrumentos normados ya establecidos con lo cual aplicaremos conocimientos de diferentes investigaciones.

Nivel De Investigación

Cuando se usa el termino descriptivo en una investigación se puede decir que el investigador tiene una detallada y precisa explicación a los fenómenos que se

³⁹ (LUOIS, y otros, 2007 pág. 272)

⁴⁰ (YOGESH, 2006 pág. 30)

piensa estudiar, sin embargo, al no ser experimental no cuenta con la ventaja de ser exacta, por ello es muy usado en investigaciones donde se deba describir fenómenos.⁴¹

Según la cita mostrada podemos decir que nuestro *Nivel de Investigación es Explicativo y Descriptivo*, ya que en este proyecto no se pretende dar solo una descripción superficial de un hecho, sino muy por el contrario tratar de explicar las causas que generan los nuevos acontecimientos.

Enfoque De La Investigación

Cuando se recolecta datos y estas puedan ser medibles y se puedan separar o clasificar, se puede considerar aquí el uso del método cuantitativo, el cual recolectara información y la procesara.⁴²

El autor nos da a entender que para poder verificar o constatar una información podemos usar el enfoque cuantitativo siempre y cuando la información sea aceptado por la comunidad científica y esta pueda ser medible, por ello, la investigación actual es de *Enfoque Cuantitativo*, esto se debe a que todas las variables estarán sometidas a una medición cuantificable.

3.2 Variables Y Operacionalización

Variabes

Mediante el uso de una idea o forma que pueda ser medida, se puede llamar variable, ya que esta puede asumir valores que luego podrían ser medidas y probadas, mediante instrumentos de precisión.⁴³

Existen dos tipos de variables la dependiente y la independiente, la diferencia entre ellas es la dependencia que tiene uno sobre otra, ya que una modifica de a la otra de manera que la hace manipulable.⁴⁴

⁴¹ (DEEPAK, y otros, 2018 pág. 161)

⁴² (RANJIT, 2011 pág. 11)

⁴³ (STUART, y otros, 2015 pág. 71)

⁴⁴ (FLANNELLY, 2014 pág. 56)

Variable Dependiente

V D: **Estabilización de suelo** en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal.

Esta variable se considera dependiente, ya que será modificada, investigada y medida a través de los ensayos e instrumentos.

Estabilización de Suelo: Cuando se presenten problemas con suelos de muy mala calidad, es recomendable estabilizarlo, todo esto para poder aprovechar sus cualidades, este método de mejoramiento podrá soportar los daños causados por el clima y los efectos del tránsito, además este método brinda un aumento en las propiedades resistentes y disminuir la plasticidad del suelo, por ello las cualidades que aumentan son las físicas, mecánicas y químicas.⁴⁵

Variables Independientes

V I: 1) **Ignimbrita blanca** incorporado en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal.

V I: 2) **Mucilago de tuna** incorporado en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal.

Estas variables se consideran independientes ya que serán usadas y manipuladas para modificar y obtener resultados de la variable dependiente.

Ignimbrita Blanca: En Arequipa se encuentra un material muy singular que lleva por nombre sillar, este material es de origen volcánico, es producto de la explosión de un volcán, y este expulso un material muy parecido a la espuma que pasando el tiempo empezó a solidificarse."⁴⁶



Figura 21. Fragmento de Ignimbrita Blanca.

⁴⁵ (VALLE, 2010 pág. 13)

⁴⁶ (AIRE, 2012 pág. 6)

Mucilago de tuna: El juego o mucilago de tuna es un polímero que se extrae comúnmente de todas las partes de la planta, sin embargo, donde se encuentra mayor concentración de este material es en la palas o pencas, ya sean pencas muy maduras o pencas que fueron podadas en la cosecha de frutas o cochinilla.⁴⁷



Figura 22. Mucilago de Tuna.

Operacionalización De Variables

El cuadro de operacionalización de variables se encuentra en el capítulo de ANEXOS

3.3 Población, Muestra, Muestreo

Unidad De Análisis

Suelo a nivel de la subrasante

Población

se considera población al conjunto universal que comprende a las muestras de la investigación.⁴⁸

Este proyecto tiene como población el suelo a nivel de subrasante del acceso no pavimentado Huancarqui de 25 Km. que tiene una ruta hacia el proyecto minero Zafranal, ubicado en la provincia de castilla - región Arequipa.

⁴⁷ (CASAS, 2017 pág. 24)

⁴⁸ (SUE, 2008 pág. 48)

Muestra

En una investigación se considera a la muestra como entidades seleccionadas de manera voluntaria o involuntaria, independientemente de resultado estas deben estar dentro del grupo llamado población.⁴⁹

se tomará como muestra tres **(03) calicatas** representativas de suelo en el acceso Huancarqui ubicadas entre el km 1+250 – 2+250, el número de calicatas se determinó mediante el uso del Manual De Diseño De Carreteras No Pavimentadas De Bajo Volumen De Tránsito, también se tomó en cuenta la norma ce-010 para pavimentos urbanos en el cual nos indica cuantas exploraciones se tienen que realizar tomando parámetros.

Muestreo

Cuando tomemos nuestra muestra de manera no aleatoria se considera un muestreo no probabilístico, esta técnica al no ser aleatorio, tiene la facultad de ser seleccionada de manera conveniente, esto permite que se pueda hacer una estimación de los errores de muestreo.⁵⁰

El tipo de muestreo para este proyecto es no probabilístico, ya que se está eligiendo la muestra de manera conveniente para nuestra investigación, eligiéndola por la importancia de tránsito y características geotécnicas más críticas visualizadas en las exploraciones del suelo en el acceso no pavimentado Huancarqui.

3.4 Técnicas e Instrumentos De Recolección De Datos

Técnicas E Instrumentos De Recolección De Datos

En toda investigación científica es necesario usar el método que proporciona la observación, esto lleva a que el investigador pueda darse cuenta de lo que se encuentra a su alrededor, cabe mencionar que la observación más adelante se convierte en una herramienta que permitirá con la cual se recolectaran datos, los

⁴⁹ (UMA, 2003 pág. 266)

⁵⁰ (ANOL, 2012 pág. 69)

cuales serán plasmados en formularios y plantillas, luego estas procederán a ser sometidas a un proceso de validez y confiabilidad.⁵¹

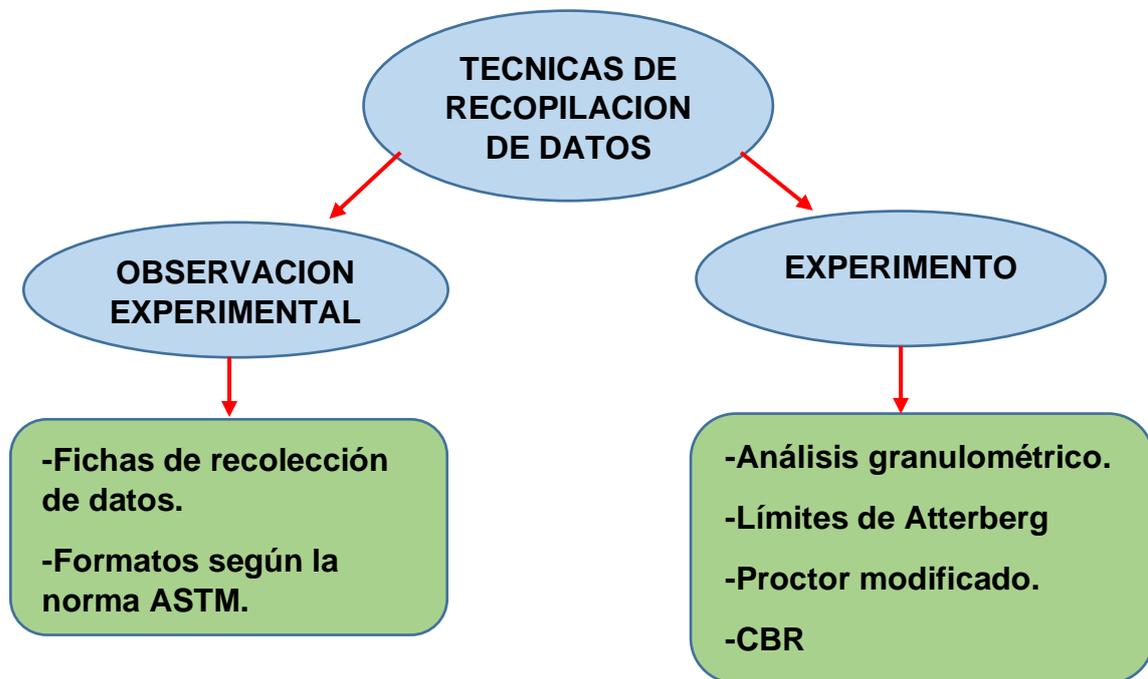


Figura 23. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Validez Y Confiabilidad

El ser honestos es algo importante a la hora de realizar una investigación, esto permite que el investigador genere confianza y credibilidad hacia su público, esto se debe aplicar a todo investigador, indiferentemente de lo que se investigue, lo que se debe enfocar es la honestidad.⁵²

La Validez de esta investigación se sustenta en usar formatos para la recolección de datos que serán validados por 3 ingenieros colegiados y por los técnicos del laboratorio.

Para la Confiabilidad de la investigación se considera que el laboratorio cuenta con el certificado de calibración de instrumentos, a su vez el laboratorio debe estar acreditado por INACAL (instituto nacional de la calidad), el cual brinda respaldo sobre la veracidad en los ensayos y resultados de la investigación.

⁵¹ (KOTHARI, 2004 pág. 96)

⁵² (WALLIMAN , 2011 pág. 43)

3.5 Procedimientos

Proceso de extracción de Ignimbrita Blanca

Tabla 5. *Proceso de extracción y obtención de la Ignimbrita Blanca.*

DESCRIPCIÓN	PROCESO
<p>1.-Ubicar y reconocer la cantera de donde se piensa hacer la extracción del material, tener en cuenta la ruta de acceso. la presente investigación extrajo el material de la cantera Señor de la Caña en el Distrito de Cerro Colorado, Región Arequipa.</p>	
<p>2.-Una vez ubicada la zona de extracción se procede a tomar muestras del material, reduciendo su tamaño por medio de herramientas (cincel y combo).</p>	

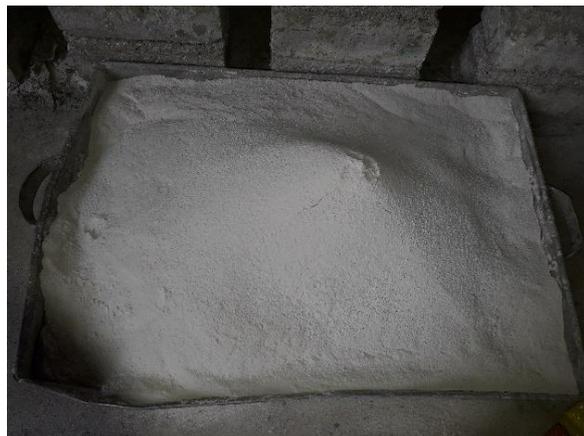
3.-Los tamaños del material deben quedar aproximadamente de unos 3 cm x 3.5 cm, esto para su mejor traslado en los buses de carga.



4.-Una vez en el laboratorio se procederá a pulverizar el material que en un principio era rocoso, esto se puede hacer mediante dos maneras una manual (uso de un molde, matillo) y otra mecánica (uso del ensayo de abrasión).



5.- El material que se obtiene no se pulveriza al 100%, por ende, se le realiza un tamizado separando los materiales, al final solo nos quedaremos con el polvo de ignimbrita blanca.



Fuente: Elaboración Propia.

Proceso de extracción Del Mucilago de tuna

Tabla 6. Proceso de extracción y obtención de Mucilago de Tuna.

DESCRIPCIÓN	PROCESO
<p>1.-Ubicar y reconocer las zonas productoras de tuna de donde se piensa hacer obtener el material, tener en cuenta la ruta de acceso. la presente investigación obtuvo el material del distrito de la joya, Región Arequipa.</p>	
<p>2.-llevar las pencas de tuna al laboratorio donde, procederemos a su limpieza de espinas, polvo y cochinilla.</p>	
<p>3.- una vez limpias, dejar secar las pencas de tuna y pesarlas. (las pencas pesaron aproximadamente 1.2 kg)</p>	

4.- una vez las pencas secas, se procederá a cortar en formas largas, para luego terminar cortándolas en cubos de 1cm x 1cm x 1cm aproximadamente. Aquí se usaron materiales como cuchillos y sierras.



5.- colocar los cubos cortados rápidamente en bolsas para comprobar su pesaje la cual tenía que ser 7.5 kg y no perder el mucilago que tienen.



6.-colocar las muestras en recipientes, previamente lavados, en la investigación se usaron 4 recipientes de 15 Lt cada uno, cada recipiente tiene una relación 1:1 entre cantidad de agua y peso de tuna.



Fuente: Elaboración Propia.

Procesos para realizar la estabilización de suelos

Tabla 7. Análisis Granulométrico

<p>El Análisis Granulométrico determina de manera cuantitativa la medida de las partículas del suelo separándolos mediante el tamizado por mallas de diferentes diámetros.</p>	
<p>Normativas</p> <ul style="list-style-type: none">-NTP 400 (Granulometría de los agregados)-MTC E107-2020-ASTM-D-422- ASTM-C 136	<p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none">-Balanza calibrada-Horno-Mallas Tamizadoras-Recipientes-Cepillo-Brocha
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none">- Se realiza el cuarteo de la muestra colocándola sobre una superficie plana sólida para así mezclar el material formando un cono, repitiendo este procedimiento tres veces, extendiéndola cuidadosamente, y fraccionar el material en cuatro partes iguales, luego se agrupa dos cuartos diagonales opuestos para así mezclar y repetir el mismo proceso hasta obtener la cantidad de muestra requerida.- Luego se procede a pesar la muestra que fue secada al aire para así obtener el peso de la muestra total.- A continuación, se lava la muestra sobre el tamiz N.º 200, después se seca y se pesa, registrando en el retenido. Se tamiza manualmente agitando los tamices de un lado a otro, finalmente se desmontan los tamices individualmente, y se anota el peso retenido en cada malla.	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 8. Límite Líquido

<p>El Límite Líquido Determina el contenido de humedad del suelo a una debida profundidad de penetración, pasando de un estado líquido a un estado plástico. Este valor se obtiene mediante la elaboración de un ajuste de diferentes valores profundidad de penetración-humedad, obtenidos anteriormente.</p>	
<p>Normas</p> <ul style="list-style-type: none"> -NTP 400 (Granulometría de los agregados) -Método de ensayo para determinar el límite líquido, usando el penetrómetro cónico. -MTC E 110 -Norma británica BS 1377:1990. -Norma INV E-106 y E-107 - ASTM-D423 	<p>Instrumentos</p> <ul style="list-style-type: none"> -Penetrómetro cónico -Espátula -Recipientes -Balanza calibrada -Horno -Malla N° 40 -Cronómetro
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - La muestra seca se obtuvo mediante el material pasado por el tamiz N° 40. - Luego se toma la muestra y se mezcla con agua destilada, se agrega en el recipiente del equipo, y después se enraza para que no contenga aire. - Se coloca el cono en la superficie de la muestra, y se suelta obteniendo el valor de penetración. - Se procede a pesar la muestra húmeda obtenida. - La muestra se lleva a secar en el horno eléctrico, para así obtener el peso seco y determinar el porcentaje de humedad de la muestra. - Esta técnica se repite tres veces más con distintos contenidos de humedad. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 9. Limite Plástico

<p>El Límite Plástico Se determina el porcentaje de humedad mediante un rollito formado con un diámetro de 3.18mm, pasando la muestra de un estado plástico a un estado semisólido.</p>	
<p>Normas NTP 400 (Granulometría de los agregados) Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos MTC E 111 ASTM D-4318</p>	<p>Instrumentos -Balanza calibrada -Espátula -Recipientes -Horno -Tamiz N° 40</p>
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - La muestra seca se obtiene mediante el material pasante por el tamiz N° 40. - La muestra se mezcla con agua destilada hasta formar una esfera. Para que después la muestra se pueda moldear para así formar de elipsoide rodando con la yema de los dedos sobre una superficie plana, hasta formar cilindros. - Con la muestra se forma cilindros con diámetro de 3.2 mm aproximadamente, hasta que se pueda desmoronar. - La proporción obtenida se incorpora en recipientes para así determinar su porcentaje de humedad. - Para obtener el valor del porcentaje de humedad se pesa el suelo húmedo, para así después pasar a secarla, finalmente se pesó la muestra seca. - Esta técnica se realizó dos veces. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 10. Proctor Modificado

<p>El Ensayo Proctor Modificado determina la relación que existe entre el porcentaje de humedad y el peso volumétrico seco, que se da mediante una energía de compactación.</p>	
<p>Normas</p> <p>NTP 339.141:1999 (revisada el 2014) Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)). / MTC E 115 / ASTM D 1557 Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio de suelo utilizando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf / ft³ (2,700 kN-m / m³)).</p>	<p>Equipos</p> <p>- Molde de 4 pulgadas - Martillo compactador 4,54 ± 0,01 kg - Balanza calibrada - Horno - Malla N.º 4, 3/8" y 3/4" - Regla metálica</p>
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - Se realizó el cuarteo de la muestra y se procede a secar el material que se va utilizar. - Se determina el porcentaje de material retenido en la malla N.º 4, 3/8" y 3/4" para así poder elegir el Método A, B o C. - Posteriormente se prepara 4 muestras de suelo de 6 kg., se incorpora agua para mezclar homogéneamente. - Se registra el peso del molde y el plato de base. Después se realiza el ensamble, asegurando el molde y el collar al plato base. - Se coloca el suelo dentro del molde y se expande, luego se compacta la muestra en cinco capas de 25 golpes cada uno. Se nivela el molde mediante una regla metálica quitando el collarín, luego se pesa la muestra incluyendo el molde y la base. - Se quita la muestra del molde para determinar el porcentaje de humedad. - Se realiza este proceso para las diferentes muestras de suelo compactados con distintos contenidos de humedad. 	

Fuente: Elaboración Propia.

Tabla 11. CBR – Relación de soporte California

<p>Ensayo de CBR (Relación de soporte California - California Bearing Ratio) Determina el índice de resistencia del suelo denominado valor de la relación de soporte, el cual se obtiene en porcentaje del esfuerzo requerido para introducir un pistón a una debida profundidad a la muestra.</p>	
<p>Normas NTP 339.145:1999 (revisada el 2014) Determinación del CBR (California Bearing Ratio- Relación de soporte de California). / MTC E 132/ ASTM D 1883 California Bearing Ratio.</p>	<p>Equipos -Prensa hidráulica -Molde metálico de 6” -Disco de metal y de papel filtro. -Martillo compactador -Pesas metálicas -Medidor metálico de expansión -Pistón de penetración metálico -Diales de 25mm -Poza para sumergir los moldes. -Balanza calibrada -Horno eléctrico -Malla tamizadora N.º 4, 3/4” y 2” -Espátulas</p>
<p>Procedimiento</p> <ul style="list-style-type: none"> - La muestra fue preparada de acuerdo a los procesos explicados en el método de prueba para compactar en un molde de 6”, tratando de llegar al porcentaje óptimo de humedad. - Se anota el peso del molde con su base, después se coloca el collar seguido el disco espaciador y papel filtro grueso. - Una vez se tenga el molde listo, se procede a compactar la muestra en 5 capas con golpes de 10,25 y 56 - Se quita el collarín y se nivela al límite del molde, luego se voltea y se procede a retirar la base del molde perforada y el disco espaciador. - Se pesa la muestra incluido el molde, para así determinar su densidad y humedad. 	

- Se coloca la placa perforada con vástago sobre la superficie de la muestra invertida adicionando dos pesos de 10 libras cada uno.
- Se puso el trípode con un dial para tomar la lectura inicial, sumergiendo el molde 96 horas en agua, para así tomar la lectura dial cada 24 horas.
- Después del tiempo transcurrido se saca el molde y se deja drenar aproximadamente 15 minutos.
- Para luego colocar la muestra debajo de la prensa con una sobrecarga.
- Finalmente se aplica la carga encima del pistón de penetración con una velocidad constante de 1.27 mm por minuto anotando las respectivas lecturas de carga.

Fuente: Elaboración Propia.

3.6 MÉTODOS DE ANÁLISIS DE DATOS

Tabla 12. Método para el Análisis de Datos.

ÍTEM	NOMBRE DE LOS ENSAYOS	DURACIÓN	CANTIDAD	PROCESO
1	Análisis Granulométrico	1 día	3	El material de suelo será pasado por diferentes tamices, esto separará los agregados en diferentes diámetros que van desde 3" hasta los que pasan por la malla n°200, esto servirá para hacer la clasificación de suelo, los límites de Atterberg y los resultados serán puestos en sus respectivos formatos.
2	Limites Atterberg	1 día	3	<p>Límite Líquido: En esta etapa se realizará mediante el uso del instrumento Casagrande y así poder obtener la cantidad de agua que admite antes de pasar a un estado plástico.</p> <p>Límite Plástico: Se tomará parte de la muestra de copa de Casagrande y procedemos hacer cilindros de aproximadamente 3mm de diámetro, sin que se rompa; con esto se obtendrá la cantidad de humedad más baja y el índice de plasticidad de la muestra.</p>
3	PROCTOR MODIFICADO	5 días	9	En este ensayo se podrá medir la densidad seca del material con respecto a su humedad a una delimitada energía de compactación y a un determinado número de golpes, obteniendo el porcentaje de compactación de las diferentes muestras.
4	CBR	5 días	9	En este ensayo se obtendrá la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, teniendo muy en cuenta la humedad y densidad. Adicionaremos a cada muestra diferentes porcentajes de aditivos, para así poder concluir si el aditivo es factible para estabilizar el suelo.

Fuente: Elaboración propia.

3.7 ASPECTOS ÉTICOS

Un investigador debe tener una conducta apropiada, respetar lo establecido siguiendo las normas y estatutos correspondientes, por ello todo investigador debe respetar los aportes y publicaciones que fueron de uso en el desarrollo de la investigación.⁵³

La presente investigación es auténtica y original de Clint Ray Castro Ramírez, por ello respeta la propiedad intelectual de los autores que fueron citados, además se tomaron en consideración sus importantes investigaciones las cuales fueron de ayuda para fortalecer y enriquecer el panorama metodológico de esta investigación.

En la investigación también se respeta el medio ambiente, con el uso de materiales que la misma naturaleza nos proporciona, los cuales no alteran ni perjudican el ecosistema de la zona de investigación. En cuanto al factor costo se toma en cuenta que estos materiales son desperdiciados o usados para otros fines, sin embargo, también podrían usarse para beneficiar la estabilización de suelos.

Por ultimo y sumamente importante, la responsabilidad social que tiene esta investigación es la de buscar una solución a un problema muy común en las carreteras del interior del país que aún muchas de ellas no se encuentran pavimentadas, por ello este estudio podrá ser usado para el beneficio de poblaciones, empresas y/o entidades del estado que la requiera. Esto lo hace importante, ya que la labor de un profesional de ingeniería civil es la solucionar problemas, mediante el uso de la experimentación, resultados y veracidad.

⁵³ (STEPHEN I., y otros, 2015 pág. 2)

IV. RESULTADOS

DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

Nombre de la tesis

“Estabilización de Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019”

Acceso a la zona de trabajo

El acceso a la zona de trabajo está a dos horas de Arequipa y a media hora de Camaná si se viaja desde Lima y no se quiere ir hasta Arequipa.

Ubicación política

La presente investigación se realizó en el acceso no pavimentado en el distrito de Huancarqui, provincia de Castilla, departamento de Arequipa, el acceso cruza la provincia de Caylloma hasta terminar en el campamento minero Zafranal.



Figura 24. Mapa Político del Perú.



Figura 25. Mapa Político del Departamento de Arequipa.

UBICACIÓN DEL PROYECTO



Figura 26. Ubicación del distrito de Huancarqui -provincia de Castilla.

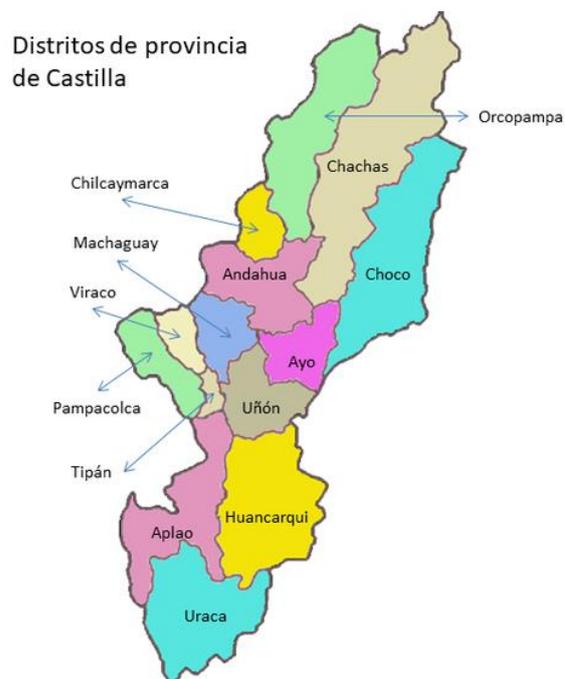


Figura 27. Distritos de la provincia de Castilla.

La presente investigación tomó la decisión de realizar el estudio en esta zona con la finalidad de poder contribuir con la población cercana de Huancarqui para mejorar su carretera que cruza la provincia de Caylloma ;la cual no se encuentra pavimentada actualmente, además de eso, también se eligió por factores geotécnicos, esto se debe a la composición de su suelo la cual no cuenta con índices aceptables de resistencia, estando conformados por arenas limosas con poca grava, y teniendo en cuenta que los materiales que la investigación quiere usar, son muy abundantes no solo en esta zona sino también en toda la región de Arequipa, por ello esta investigación no solo puede ser realizada en Huancarqui , sino muy por el contrario en toda la región de Arequipa , ya que tanto el mucilago de tuna y la ignimbrita blanca son materiales de fácil acceso.

UBICACIÓN GEOGRÁFICA



Figura 28. Acceso Huancarqui vista satelital (1).

El acceso no pavimentado donde se desea estudiar se encuentra en el distrito de Huancarqui, $16^{\circ}05'38''\text{S}$, $72^{\circ}28'47''\text{O}$ que cuenta con 25.45 Km. De longitud Como se muestra en la figura 25, sin embargo, este acceso no se encuentra pavimentado por lo que el siguiente estudio realizara (2) calicatas entre los kilómetros 1+250 – 1+750 , al inicio y al final de ese tramo de 500 metros , seguido de ello tomara muestras de ambas calicatas las cuales serán llevadas a un laboratorio para determinar cuál de ellas es la más crítica , seguido de eso se usara un estabilizante para poder mejorar las condiciones del acceso así se evitara asentamientos y generación de polvo por que afectan a la población cercana.



Figura 29. Acceso Huancarqui vista satelital (2).

VÍAS DE ACCESO

Para poder llegar al distrito de Huancarqui, Primero se recomienda ir por Carretera Panamericana Sur/1S, hacia la ciudad de Arequipa.

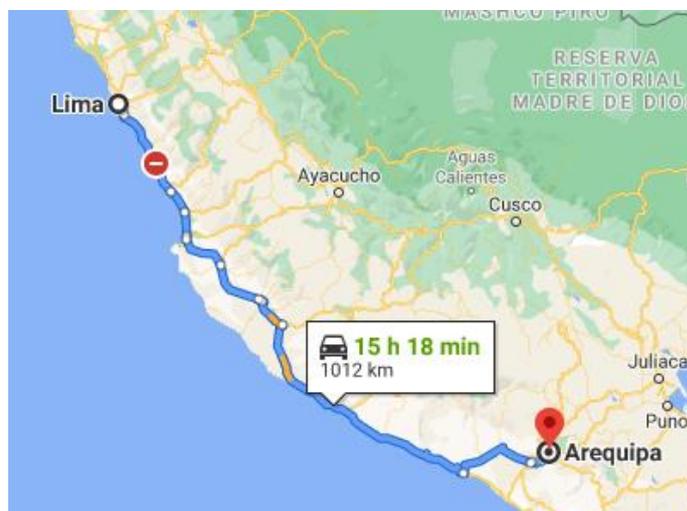


Figura 30. Carretera Lima- Arequipa.

Luego tomar un bus hacia el distrito de Huancarqui, con una duración de 3h 11min aproximadamente de viaje ya que está a una distancia 183 km de Arequipa.



Figura 31. Carretera Arequipa - Huancarqui.

Clima

El distrito de Huancarqui posee un clima árido, ya que en el día es cálida a caliente y que puede ser fría durante la noche, según los estudios realizados por el SENAMHI la temperatura promedio es de 23°C.

LOCALIZACIÓN PARA LA OBTENCIÓN DE MATERIALES

Tabla 13. Obtención de los materiales.

Materiales	Ignimbrita Blanca	Paletas de Tuna
Fotografía		
Lugar	<p>La extracción de este material, se dio en la Cantera “Señor de la Caña” ubicada en el distrito de Cerro Colorado que se encuentra al norte de la ciudad de Arequipa.</p>	<p>Este material se encontró en el distrito de la Joya, ubicada en el departamento de Arequipa.</p>
Costo	<p>Este material fue donado por los canteros, por ende, no tuvo costo alguno, ya que en esta cantera abundan los desperdicios que se dan por el labrado en la cantera.</p>	<p>Este material fue donado y por ende no tuvo costo alguno, ya que en este distrito existen cultivos de tuna que son exclusivamente para la extracción de la cochinilla.</p>
Transporte	<p>El traslado y transporte de este material hacia los laboratorios en la ciudad de Lima fue fácil, ya que fue transportado en un camión de carga con un costo bajo.</p>	<p>Al igual que la Ignimbrita Blanca, el traslado y transporte de este material fue sencillo.</p>

Fuente: Elaboración propia.

PROCEDIMIENTOS

CLASIFICACIÓN DE SUELO C1, C2 Y C3



Figura 32. Calicata
Km 1+250



Figura 33. Calicata
Km 1+750



Figura 34. Calicata
Km 2+250

Tabla 14. Clasificación de suelos C-01, C-02 y C-03.

MUESTRA	CONTENIDO DE MATERIAL			CLASIFICACION DE SUELO	
	GRAVA (%)	ARENA (%)	FINOS (%)	SUCS (ASTM D2487)	AASHTO (D3282)
C-01	0.4	41.5	58.1	CL	A-4 (5)
	NOMBRE DE GRUPO			ARCILLA ARENOSA DE BAJA PLASTICIDAD	
C-02	16.5	41.4	42.1	SC	A-6 (3)
	NOMBRE DE GRUPO			ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	
C-03	25.8	36.1	38.1	SC	A-6 (2)
	NOMBRE DE GRUPO			ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 14. se puede observar el contenido del material que presenta cada calicata (C-1, C-2 y C-3) la cual esta categorizado por el porcentaje de grava, de arena y de finos que a su vez cuentan con la clasificación de suelos tanto por SUCS

y AASHTO, y su respectivo nombre de grupo, en cuanto a los resultados se obtiene que la C-1 cuenta con mayor cantidad de material fino mientras que la C-2 y C-3 cuenta con mayor cantidad de grava, por ende se toma como muestra de estudio a la C-1.

LÍMITES DE CONSISTENCIA C-1, C-2 Y C-3



Figura 35. Ensayo Limite Líquido Calicata - 03



Figura 36. Ensayo Limite Plástico Calicata - 03

Tabla 15. Contenido de Humedad, Límites de Consistencia e Índice Plástico.

MUESTRA	CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
		LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	
C-01	15.2	31.8	22.8	9
C-02	12.6	32	17.1	14.9
C-03	13.6	33.3	17.3	16

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 15. se puede observar los diferentes contenidos de humedad natural que presenta cada Calicata (C-01, C-02 Y C-03), y a la vez se puede visualizar los límites de consistencia de cada una de ellas (limite líquido y limite plástico) y finalmente los valores de plasticidad, dando como resultado que la Calicata 3 tiene mayor índice plástico seguido de la Calicata 2 y muy por debajo la Calicata 1.

ENSAYOS PROCTOR MODIFICADO C1 Y C2



Figura 37. Molde de compactación Proctor Modificado.

Tabla 16. *Ensayo Proctor Modificado Calicata 1.*

MUESTRA	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
C-01	Máxima Densidad Seca	1.936 gr/cm ³
	Optimo Contenido De Humedad	8.90%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 16. Se puede observar que la calicata 1 cuenta con una máxima densidad seca de 1.936 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 8.90%.

Tabla 17. *Ensayo Proctor Modificado Calicata 2.*

MUESTRA	ENSAYO PROCTOR MODIFICADO	
C-02	Máxima Densidad Seca	1.996 gr/cm ³
	Optimo Contenido De Humedad	9.10%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 17. Se puede observar que la calicata 1 cuenta con una máxima densidad seca de 1.996 gr/cm³ y un óptimo contenido de humedad de 9.10%.

PORCENTAJE DE EXPANSIÓN C1 Y C2

Tabla 18. Porcentaje de Expansión Calicata 1.

MUESTRA	TIEMPO (HR)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
		DIA L	EXPANSIÓN		DIA L	EXPANSIÓN		DIA L	EXPANSIÓN	
			MM	%		MM	%		MM	%
C-01	24	18	0.46	0.39	20	0.51	0.44	24	0.81	0.53
	48	23	0.58	0.5	27	0.59	0.59	35	0.89	0.78
	72	29	0.74	0.53	32	0.81	0.7	39	0.99	0.87
	96	32	0.81	0.7	33	0.94	0.72	42	1.07	0.93

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 18. se puede visualizar los resultados del porcentaje de expansión desde su lectura inicial hasta su lectura final del material (C-01) con sus respectivos moldes, los cuales fueron tomados con un deformímetro y su dial manómetro, mientras que se encontraban sumergido en agua por 4 días según lo establecido en el manual de carreteras.

Tabla 19. Porcentaje de Expansión Calicata 2.

MUESTRA	TIEMPO (HR)	56 GOLPES			25 GOLPES			12 GOLPES		
		DIA L	EXPANSIÓN		DIA L	EXPANSIÓN		DIA L	EXPANSIÓN	
			MM	%		MM	%		MM	%
C-02	24	18	0.43	0.37	20	0.53	0.45	24	0.58	0.5
	48	23	0.61	0.52	27	0.71	0.61	35	0.84	0.72
	72	29	0.71	0.61	32	0.79	0.68	39	0.91	0.79
	96	32	0.79	0.68	33	0.79	0.68	42	0.94	0.81

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 19. se puede visualizar los resultados del porcentaje de expansión desde su lectura inicial hasta su lectura final del material (C-02) con sus respectivos

moldes, los cuales fueron tomados con un deformímetro y su dial manómetro, mientras que se encontraban sumergido en agua por 4 días según lo establecido en el manual de carreteras.

ENSAYO CBR C1 Y C2



Figura 38. Moldes CBR C-01.



Figura 39. Ensayo CBR C-01.

Tabla 20. Resultados CBR para la C-01.

Ensayo Relación De Soporte California (C.B.R)			
MUESTRA	MM	100% M.D. S	95% M.D. S
C-01	0.1"	9.50%	8.80%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 20. se puede observar los valores del ensayo de CBR de la calicata 1 a un 95% y 100% de compactación de su máxima densidad seca, a una penetración de 0.1"; la cual muestra que calicata 1 a un 100% de compactación cuenta con un CBR de 9.5% y a un 95% de compactación de su MDS con un CBR de 8.80% ,

tomando en cuenta los resultados obtenidos de este ensayos , el manual de carreteras cataloga a este suelo como regular para la subrasante.

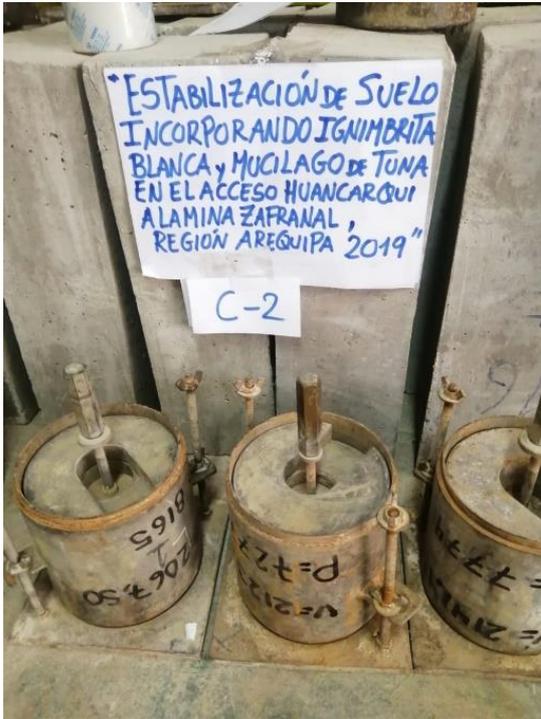


Figura 40. Moldes CBR C-02.



Figura 41. Ensayo CBR C-02.

Tabla 21. Resultados CBR para la C-02.

Ensayo Relación De Soporte California (C.B.R)			
MUESTRA	MM	100% M.D. S	95% M.D. S
C-02	0.1"	12.50%	9.30%

Fuente: Elaboración propia.

En la tabla 21. se puede observar los valores de CBR de la calicata 2 a un 95% y 100% de compactación de su máxima densidad seca, a una penetración de 0.1"; la cual muestra que la calicata 2 a un 100% de compactación cuenta con un CBR de 12.5% y a un 95% de compactación de su MDS con un CBR de 9.3% , tomando en cuenta los resultados obtenidos en este ensayo , el manual de carreteras cataloga a este suelo como bueno al 100% de compactación y regular al 95% de compactación para la subrasante.

RESULTADOS

OBJETIVO 1. Evaluar la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.



Figura 42. Molde Proctor a 8% de dosificación de Ignimbrita Blanca.



Figura 43. Muestra extraída del molde Proctor a 8% de dosificación de Ignimbrita Blanca.

Tabla 22. O.C.H y M.D.S incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

MUESTRA		Optimo Contenido de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm ³)
Muestra Patrón	MUESTRA A	8.9	1.936
Dosificación (8%) de Ignimbrita Blanca	MUESTRA B	9	1.955
Dosificación (13%) de Ignimbrita Blanca	MUESTRA C	9.1	1.941
Dosificación (18%) de Ignimbrita Blanca	MUESTRA D	9.2	1.920

Fuente: Elaboración propia.

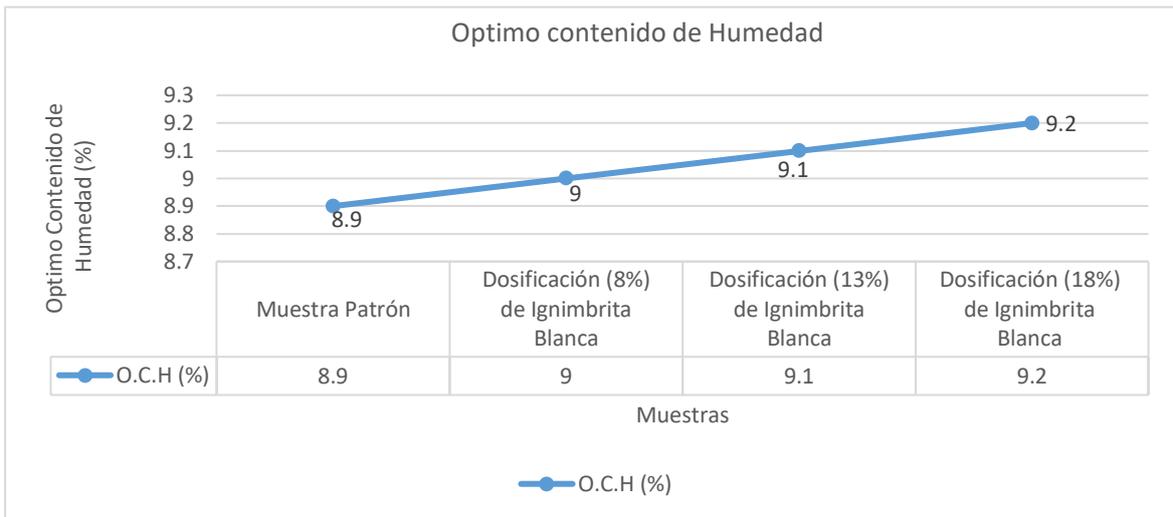


Gráfico 1. Optimo Contenido de Humedad con dosificaciones de 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

En el grafico 1. se puede evidenciar que el óptimo contenido de humedad (O.C.H) aumenta a medida que se adicionan las dosificaciones de 8%,13% y 18% de ignimbrita blanca en relación de su muestra patrón.

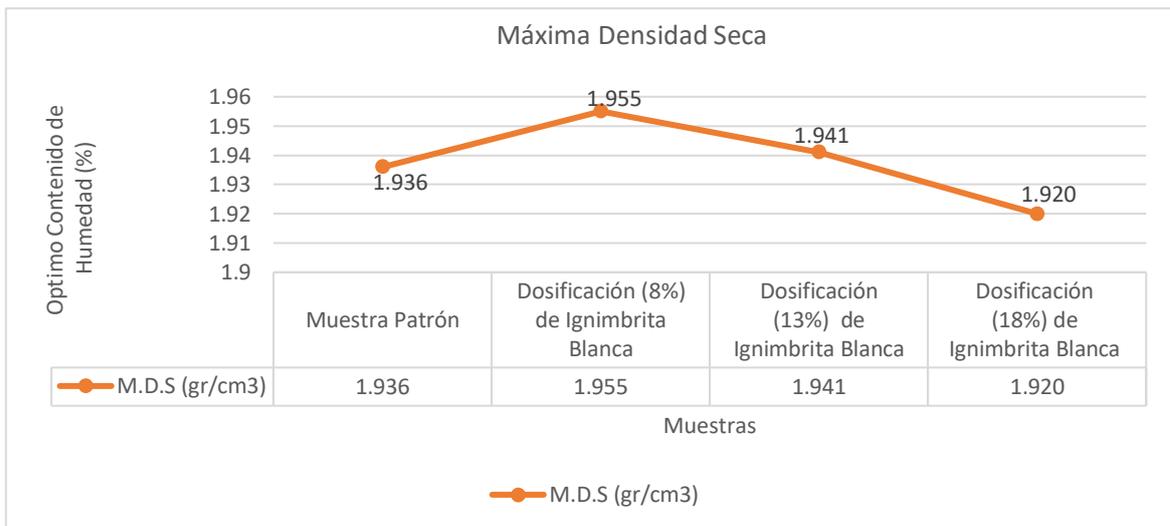


Gráfico 2. Máxima Densidad Seca con dosificaciones de 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

En el grafico 2. se puede evidenciar que la máxima densidad seca (M.D.S) aumenta considerablemente con una dosificación de 8% de ignimbrita blanca, sin embargo, en las siguientes dosificaciones de 13% y 18% de ignimbrita blanca disminuye progresivamente en especial esta última que queda por debajo su la muestra patrón.

OBJETIVO 2. Conocer la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la expansión del suelo.



Figura 44. Sumergida de los moldes de CBR a 8% de dosificación (Ignimbrita Blanca).

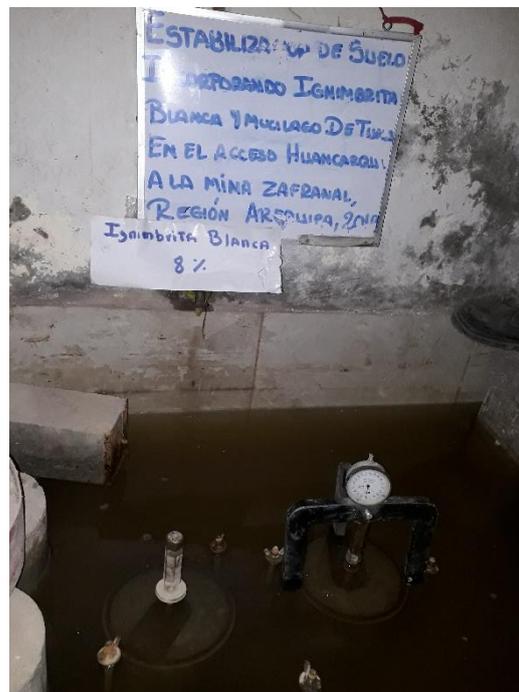


Figura 45. Medición de la Expansión mediante el uso del deformímetro.

Tabla 23. Porcentaje de Expansión incorporando 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

MUESTRA		Porcentaje de Expansión (%) lecturas finales								
		mm.	56 golpes	mm	25 golpes	mm	12 golpes			
Muestra Patrón	muestra a	0.81	0.7	%	0.84	0.72	%	1.07	0.93	%
Dosificación (8%) Ignimbrita Blanca	muestra b	0.74	0.63	%	0.76	0.65	%	0.94	0.81	%
Dosificación (13%) Ignimbrita Blanca	muestra c	0.64	0.55	%	0.66	0.57	%	0.84	0.72	%
Dosificación (18%) Ignimbrita Blanca	muestra d	0.51	0.44	%	0.64	0.55	%	0.81	0.70	%

Fuente: Elaboración propia.

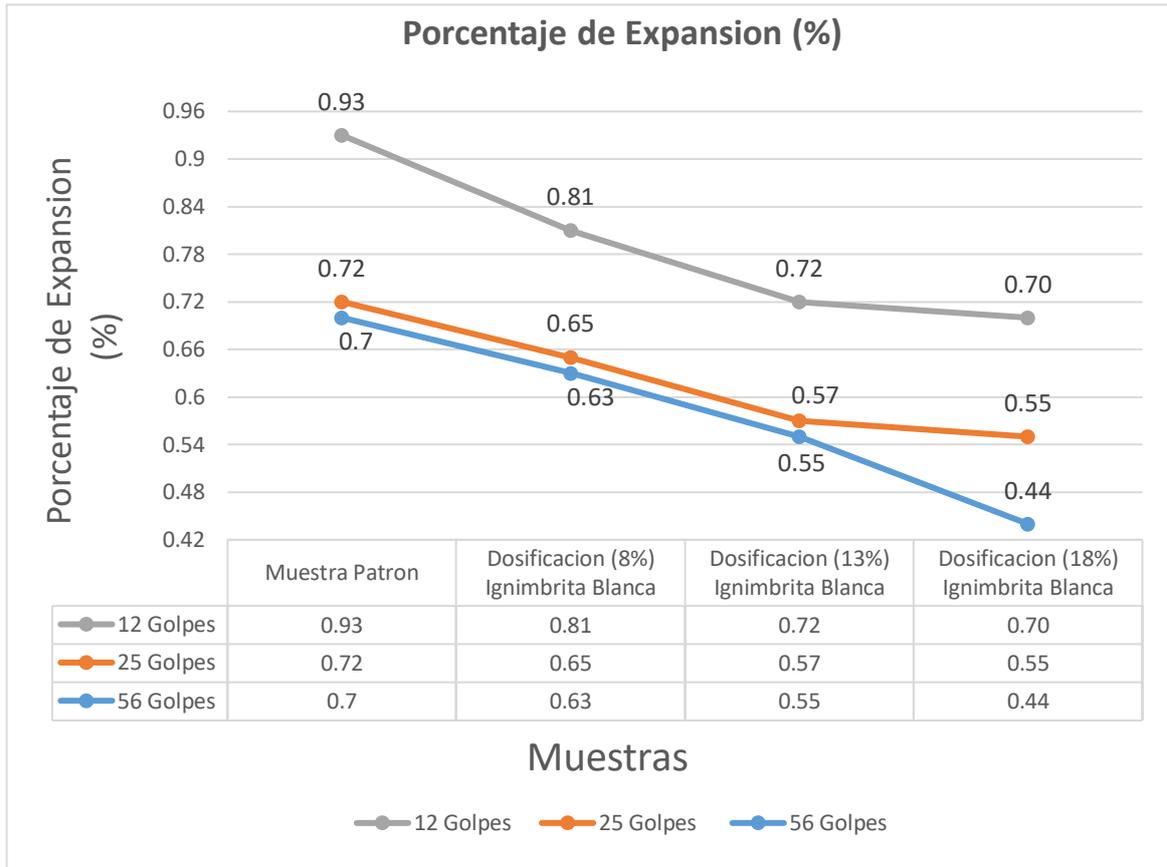


Gráfico 3. Porcentaje de Expansión con dosificaciones de 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

En el grafio 3. Se puede evidenciar las lecturas finales de los porcentajes de expansión de expansión del material en los moldes de 56 ,25 y 12 golpes, los cuales fueron medidos cada 24 horas , con un deformímetro (trípode y dial manómetro) mientras se encontraban sumergidas en agua por 4 días, obteniendo como resultado que el porcentaje de expansión disminuye a medida que se adición las dosificaciones de 8%, 13% y 18% de ignimbrita blanca, sin embargo también se puede observar que hay una disminución mayor con la adición de 18% de mucilago de tuna, todo esto en relación e su muestra patrón.

OBJETIVO 3. Determinar la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la resistencia del suelo.



Figura 46. Moldes de CBR 8% dosificación Ignimbrita Blanca.



Figura 47. Ensayo de CBR 8% dosificación Ignimbrita Blanca.

Tabla 24. Valores de CBR incorporando 8%,13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

MUESTRA		CBR			
		CBR AL 95%		CBR AL 100%	
Muestra Patrón	MUESTRA A	8.6	%	9.5	%
Dosificación (8%) Ignimbrita Blanca	MUESTRA B	10.1	%	16.5	%
Dosificación (13%) Ignimbrita Blanca	MUESTRA C	7.4	%	12.7	%
Dosificación (18%) Ignimbrita Blanca	MUESTRA D	5.5	%	9.7	%

Fuente: Elaboración propia.

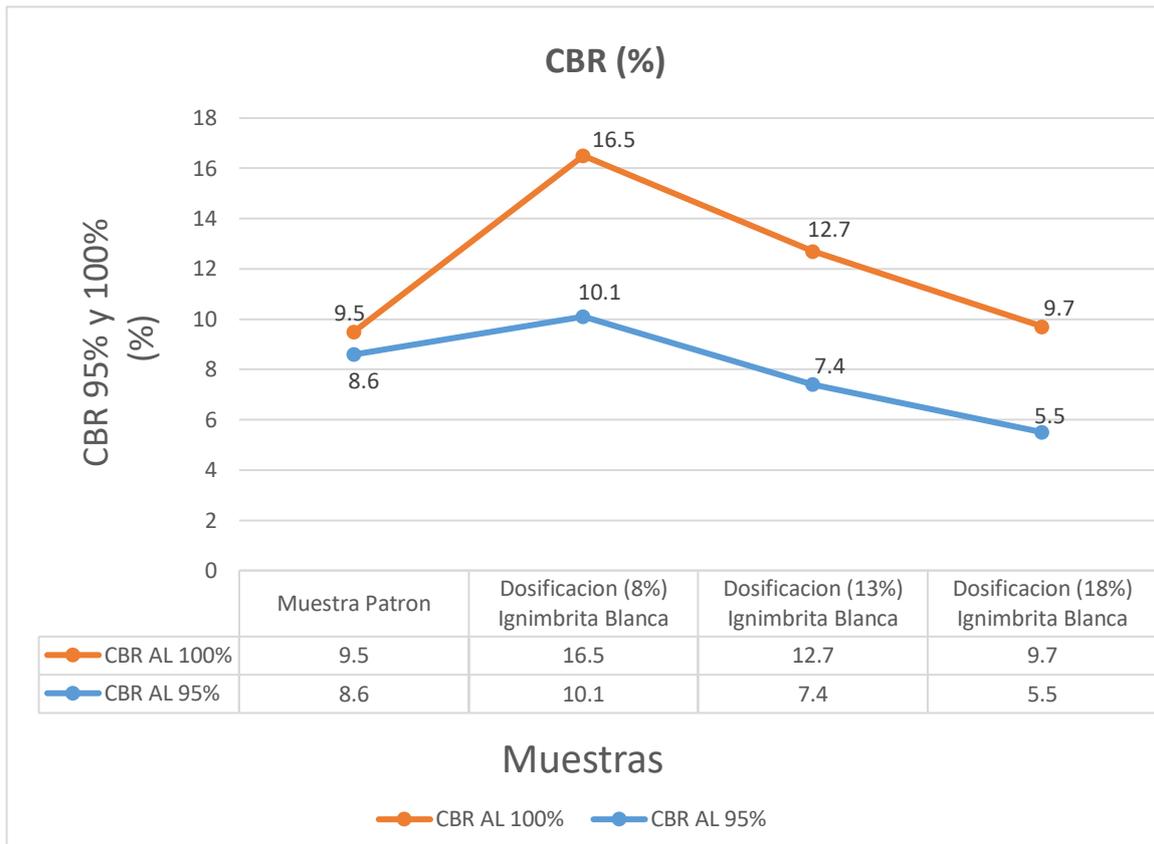


Gráfico 4. Valores CBR con dosificaciones de 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

En el gráfico 4. se puede observar los valores de CBR a una compactación de 100% de su M.D.S, y se evidencia que con la adición de 8% de ignimbrita blanca su CBR aumenta un 7%, con 13% de ignimbrita blanca su CBR aumenta un 3.2% y con 18% de ignimbrita blanca su CBR aumenta un 0.4% respecto a la muestra patrón, también se observa los valores de CBR a una compactación de 95% de su M.D.S evidenciando que con la adición de 8% de ignimbrita blanca su CBR aumenta un 1.5%, con 13% de ignimbrita blanca su CBR disminuye un 1.2% y con 18% de ignimbrita blanca su CBR disminuye un 3.1% respecto a la muestra patrón, por lo tanto considerando los resultados al 100% y 95% de compactación de su M.D.S se opta como dosificación óptima 8% de ignimbrita blanca tomando en cuenta los parámetros del manual de carreteras.

OBJETIVO 4. Evaluar la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.



Figura 48. Molde Proctor a 60% de dosificación Mucilago de Tuna.



Figura 49. Muestra extraída del molde Proctor 60% de dosificación Mucilago de Tuna.

Tabla 25. O.C.H y M.D.S incorporando 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna.

MUESTRA		Optimo Contenido de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm ³)
Muestra Patrón	MUESTRA A	8.9	1.936
Dosificación (30%) de Mucilago de Tuna	MUESTRA B	8.8	1.982
Dosificación (60%) de Mucilago de Tuna	MUESTRA C	8.7	2.052
Dosificación (80%) de Mucilago de Tuna	MUESTRA D	8.6	2.028

Fuente: Elaboración propia.

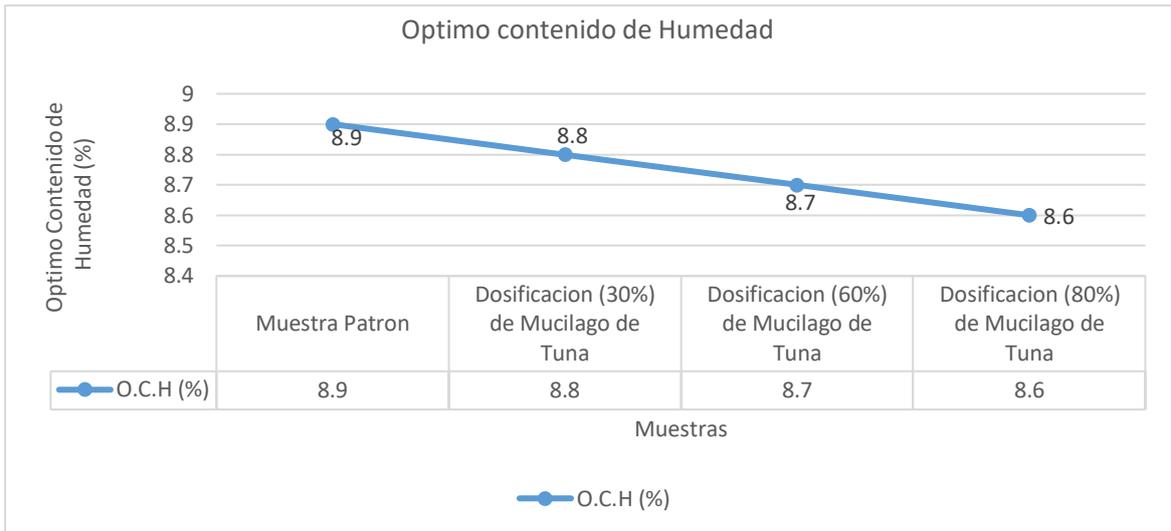


Gráfico 5. Optimo Contenido de Humedad con dosificaciones de 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna.

En el grafico 5. se puede evidenciar que el óptimo contenido de humedad (O.C.H) disminuye a medida que se adicionan las dosificaciones de 30%,60% y 80% de mucilago de tuna en relación de su muestra patrón

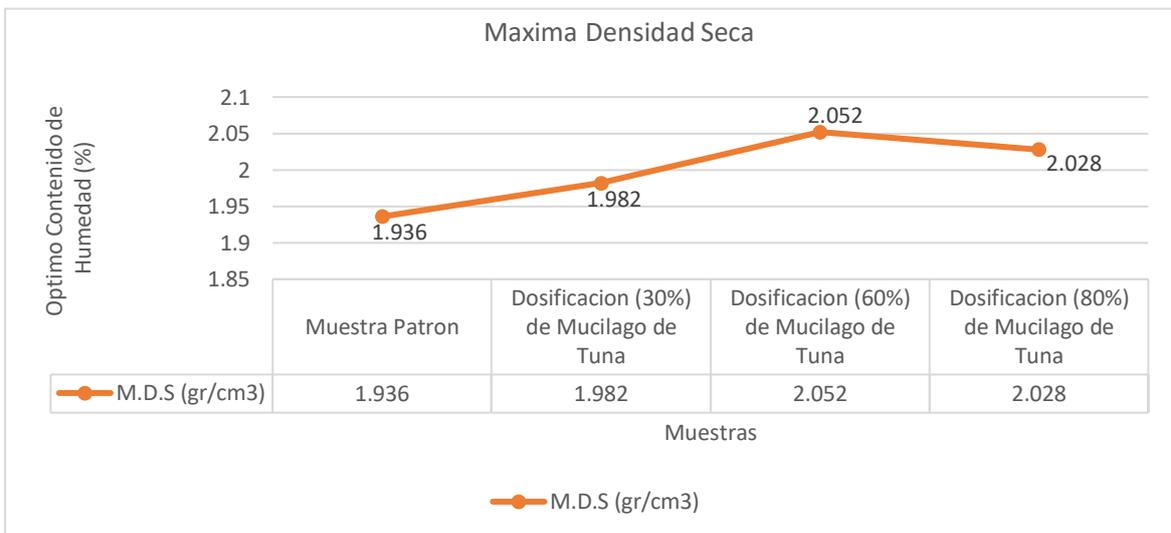


Gráfico 6. Máxima Densidad Seca con dosificaciones de 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna.

En el grafico 6. Se puede observar que la máxima densidad seca (M.D.S) aumenta considerablemente con las dosificaciones de 30%, 60% y 80% de mucilago de tuna en relación de su muestra patrón, sin embargo, en la dosificación de 80% de mucilago de tuna, aunque sea superior a su muestra patrón disminuye respecto a la dosificación anterior de mucilago de tuna.

OBJETIVO 5. Conocer la influencia de la incorporación de mucilago de tuna en la expansión del suelo.

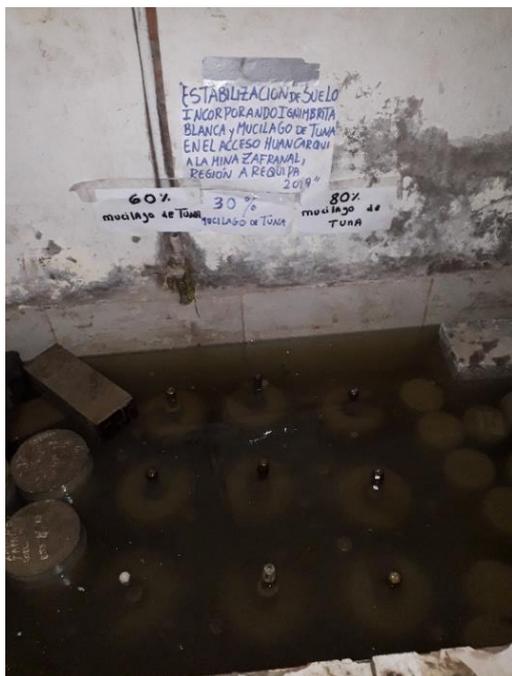


Figura 50. Sumergida de los moldes de CBR (Mucilago de Tuna).



Figura 51. Medición de la Expansión mediante el uso del deformímetro.

Tabla 26. Porcentaje de Expansión incorporando 30%,60% y 80% de Mucilago de Tuna.

MUESTRA		Porcentaje de Expansión (%) lecturas finales								
		mm.	56 golpes	mm .	25 golpes	mm .	12 golpes			
Muestra Patrón	Muestra A	0.81	0.7	%	0.84	0.72	%	1.07	0.93	%
Dosificación (30%) Mucilago de Tuna	Muestra B	0.61	0.52	%	0.64	0.55	%	0.74	0.63	%
Dosificación (60%) Mucilago de Tuna	Muestra C	0.56	0.48	%	0.61	0.52	%	0.69	0.59	%
Dosificación (80%) Mucilago de Tuna	Muestra D	0.48	0.41	%	0.51	0.44	%	0.58	0.5	%

Fuente: Elaboración propia.

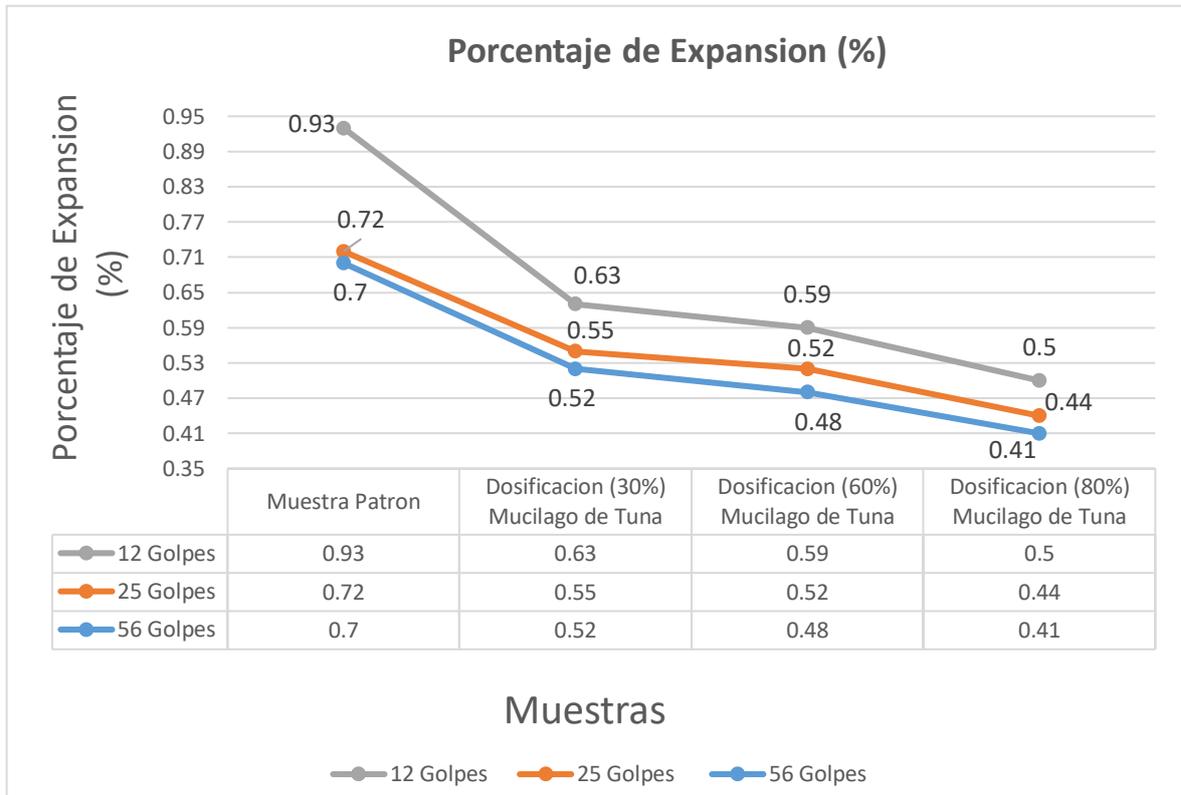


Gráfico 7. Porcentaje de Expansión con dosificaciones de 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna.

En el grafio 7. Se puede evidenciar las lecturas finales de los porcentajes de expansión de expansión del material en los moldes de 56 ,25 y 12 golpes, los cuales fueron medidos cada 24 horas , con un deformímetro (trípode y dial manómetro) mientras se encontraban sumergidas en agua por 4 días, obteniendo como resultado que el porcentaje de expansión disminuye a medida que se adición las dosificaciones de 30%, 60% y 80% de mucilago de tuna, sin embargo también se puede observar que hay una disminución mayor con la adición de 80% de mucilago de tuna, todo esto en relación e su muestra patrón.

OBJETIVO 6. Determinar la influencia de la incorporación de mucilago de tuna en la resistencia del suelo.



Figura 52. Moldes de CBR 60% dosificación Mucilago de Tuna.



Figura 53. Ensayo de CBR 60% dosificación Mucilago de Tuna.

Tabla 27. Valores de CBR incorporando 30%,60% y 80% de mucilago de tuna.

MUESTRA		CBR			
		CBR AL 95%		CBR AL 100%	
Muestra Patrón	MUESTRA A	8.6	%	9.5	%
Dosificación (30%) Mucilago de Tuna	MUESTRA B	7.5	%	11.5	%
Dosificación (60%) Mucilago de Tuna	MUESTRA C	10.5	%	13.8	%
Dosificación (80%) Mucilago de Tuna	MUESTRA D	7.1	%	14.1	%

Fuente: Elaboración propia.

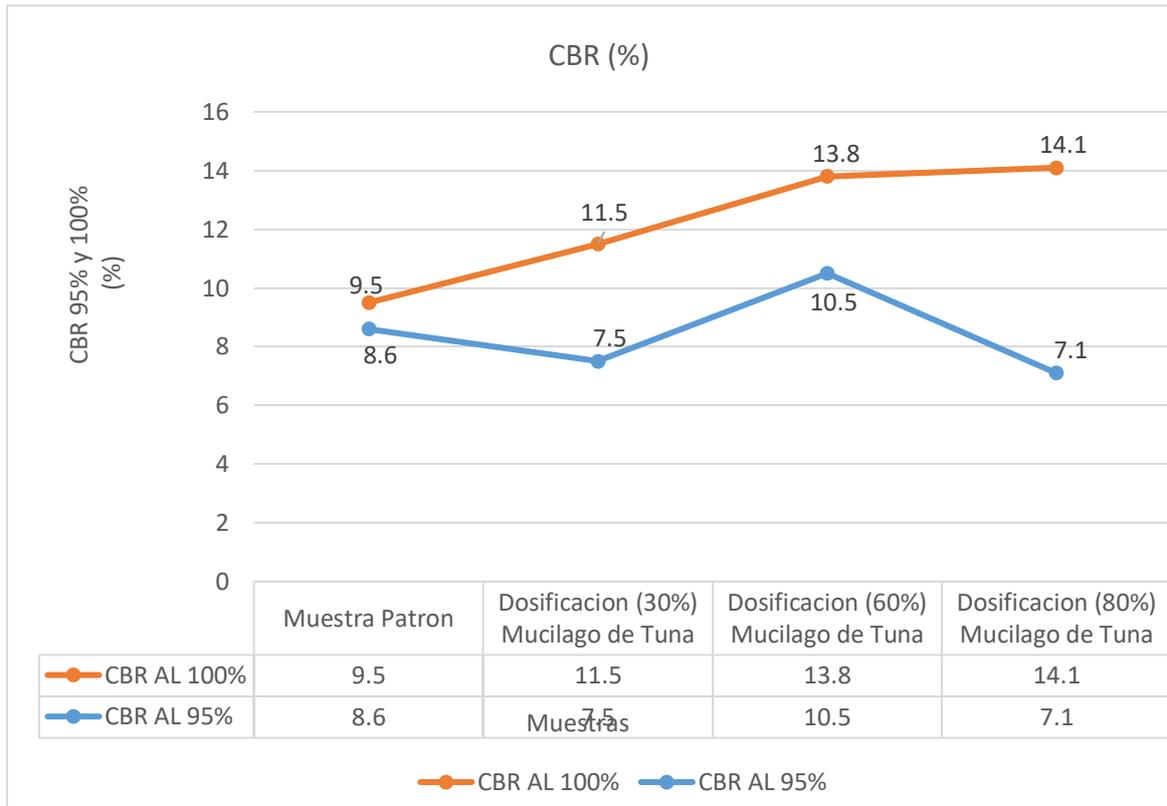


Gráfico 8. CBR con dosificaciones de 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna.

En el gráfico 8. se puede observar los valores de CBR a una compactación de 100% de su M.D.S, y se evidencia que con la adición de 30% de mucilago de tuna su CBR aumenta un 2%, con 60% de mucilago de tuna su CBR aumenta un 4.3% y con 80% de mucilago de tuna su CBR aumenta un 4.6% respecto a la muestra patrón, también se observa los valores de CBR a una compactación de 95% de su M.D.S y evidenciando que con la adición de 30% de mucilago de tuna su CBR disminuye un 1.1%, con 60% de mucilago de tuna su CBR aumenta un 1.9% y con 80% de mucilago de tuna su CBR disminuye un 1.5% respecto a la muestra patrón, por lo tanto considerando los resultados al 100% y 95% de compactación de su M.D.S se opta como dosificación óptima 60% de mucilago de tuna tomando en cuenta los parámetros del manual de carreteras.

Tabla 28. Recopilación de los resultados Obtenidos.

ESTABILIZACION DE SUELO INCORPORANDO IGNIMBRITA BLANCA Y MUCILAGO EN EL ACCESO HUANCARQUI A LA MINA ZAFRANAL, REGION AREQUIPA, 2019									
ADITIVOS NATURALES		IGNIMBRITA BLANCA				MUCILAGO DE TUNA			
MUESTRAS	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D	MUESTRA A	MUESTRA B	MUESTRA C	MUESTRA D	
	SUELO DEL ACCESO HUANCARQUI	8% IGNIMBRITA BLANCA	13% IGNIMBRITA BLANCA	18% IGNIMBRITA BLANCA	SUELO DEL ACCESO HUANCARQUI	30% MUCILAGO DE TUNA	60% MUCILAGO DE TUNA	80% MUCILAGO DE TUNA	
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.90%	9%	9.10%	9.20%	8.90%	8.80%	8.70%	8.60%	
MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.936	1.955	1.941	1.92	1.936	1.982	2.052	2.028	
EXPANSION (%)	0.70 % - 56 golpes	0.63 % - 56 golpes	0.55 % - 56 golpes	0.44 % - 56 golpes	0.70% - 56 golpes	0.52 % - 56 golpes	0.48 % - 56 golpes	0.41 % - 56 golpes	
	0.72 % - 25 golpes	0.65 % - 25 golpes	0.57 % - 25 golpes	0.55 % - 25 golpes	0.72 % - 25 golpes	0.55 % - 25 golpes	0.52 % - 25 golpes	0.44 % - 25 golpes	
	0.93 % - 12 golpes	0.81 % - 12 golpes	0.72 % - 12 golpes	0.70 % - 12 golpes	0.93 % - 12 golpes	0.63 % - 12 golpes	0.59 % - 12 golpes	0.5 % - 12 golpes	
CBR	95% MDS	8.60%	10.10%	7.40%	5.50%	8.60%	7.50%	10.50%	7.10%
	100% MDS	9.50%	16.50%	12.70%	9.70%	9.50%	11.50%	13.80%	14.10%

Fuente: Elaboración propia.

V. DISCUSIONES

En el ensayo de Compactación Proctor Modificado al incorporar ignimbrita blanca se obtiene que el óptimo contenido de humedad aumenta ya que en un inicio la muestra patrón tiene 8.9% , en su primera dosificación de 8% de ignimbrita blanca aumenta a 9%, en su segunda dosificación de 13% de ignimbrita blanca aumenta a 9.1% y en su tercera dosificación de 18% de ignimbrita blanca aumenta a 9.2%, se puede decir que el aumento es casi mínimo e imperceptible mientras que su máxima densidad seca varia en subidas y bajadas, en la muestra patrón se tiene una M.D.S de 1.936 (gr/cm³), en su primera dosificación de 8% de ignimbrita blanca aumenta a 1.955 (gr/cm³), en su segunda dosificación de 13% de ignimbrita blanca aumenta a 1.941 (gr/cm³), y en su tercera dosificación de 18% de ignimbrita blanca disminuye a 1.920 (gr/cm³), se puede notar que al inicio aumenta y luego disminuye la máxima densidad seca del suelo con la adición de este material.

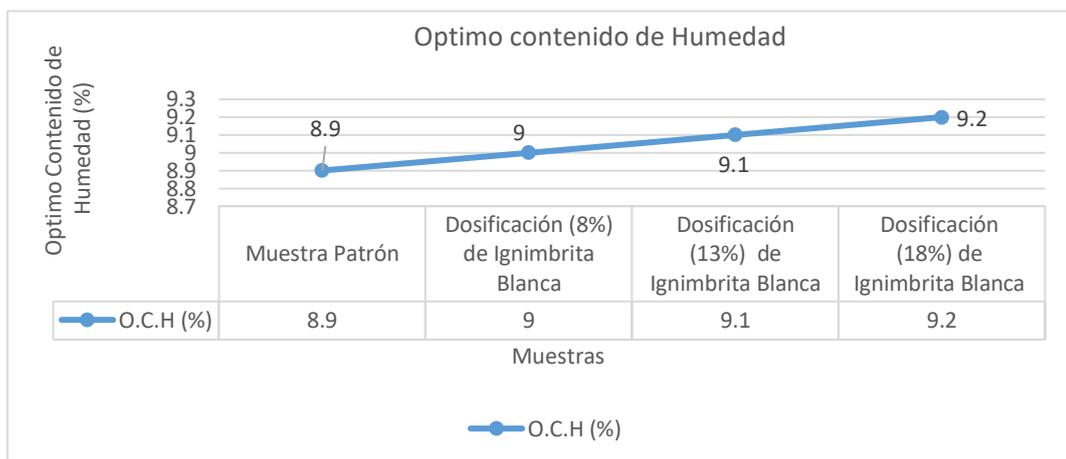


Gráfico 9. Optimo Contenido de Humedad incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

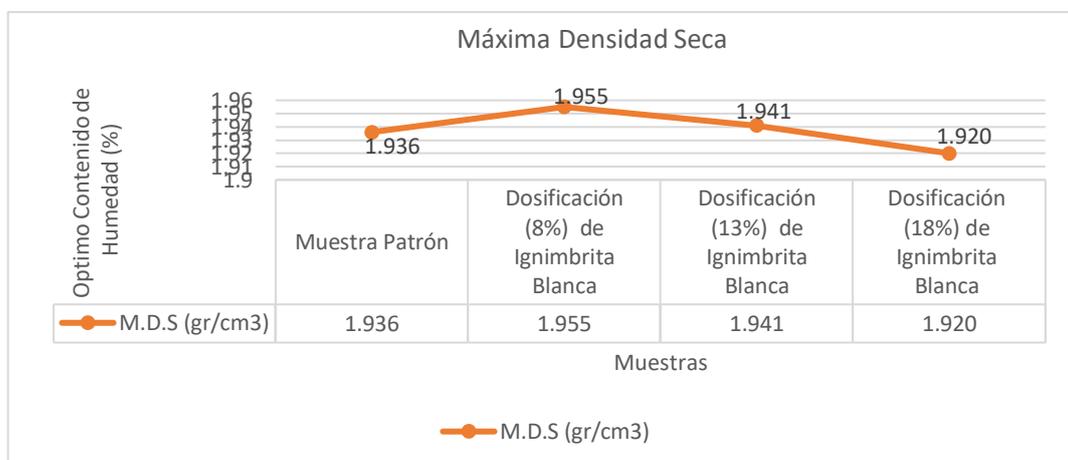


Gráfico 10. Máxima Densidad Seca incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

Mientras que GUAMAN, I. (2016) en su tesis “*Estudio Del Comportamiento De Un Suelo Arcilloso Estabilizado Por Dos Métodos Químicos (Cal Y Cloruro De Sodio)*” que al incorporar cal obtiene que el óptimo contenido de humedad aumenta ya que la muestra patrón tiene 35.3% , en su primera dosificación de 2.5% de cal aumenta a 36.4%, en su segunda dosificación de 7.5% de cal aumenta a 38.2% y en su tercera dosificación de 12.5% de cal aumenta a 39.5%, se puede decir que el aumento es correlacional mientras que su máxima densidad disminuye ;en la muestra patrón se tiene una M.D.S de 1.531 (gr/cm³), en su primera dosificación de 2.5% de cal disminuye en 0.03 (gr/cm³), a 1.501 (gr/cm³), en su segunda dosificación de 7.5% de cal disminuye a 1.464 (gr/cm³), y en su tercera dosificación de 12.5% de cal disminuye a 1.418 (gr/cm³), se puede evidenciar que al incrementar las dosificaciones los porcentajes de la MDS disminuyen.

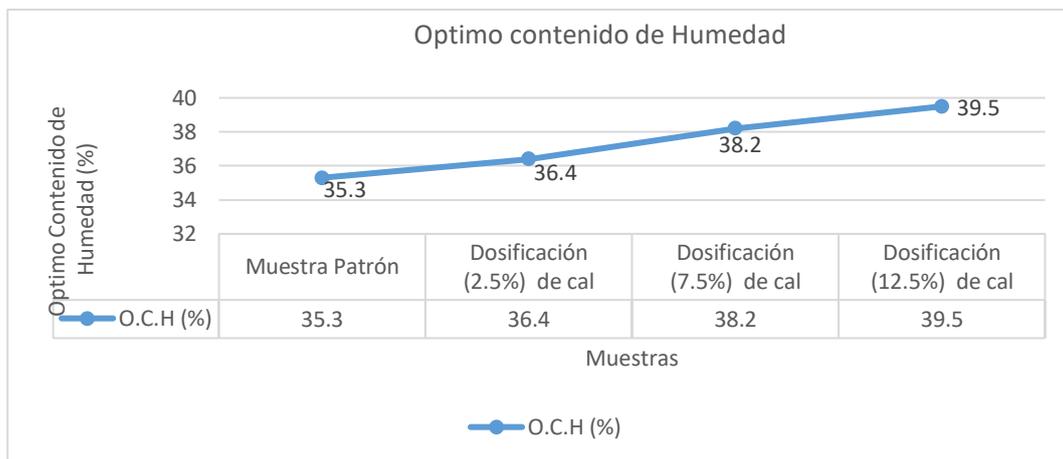


Gráfico 11. Optimo Contenido de Humedad incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

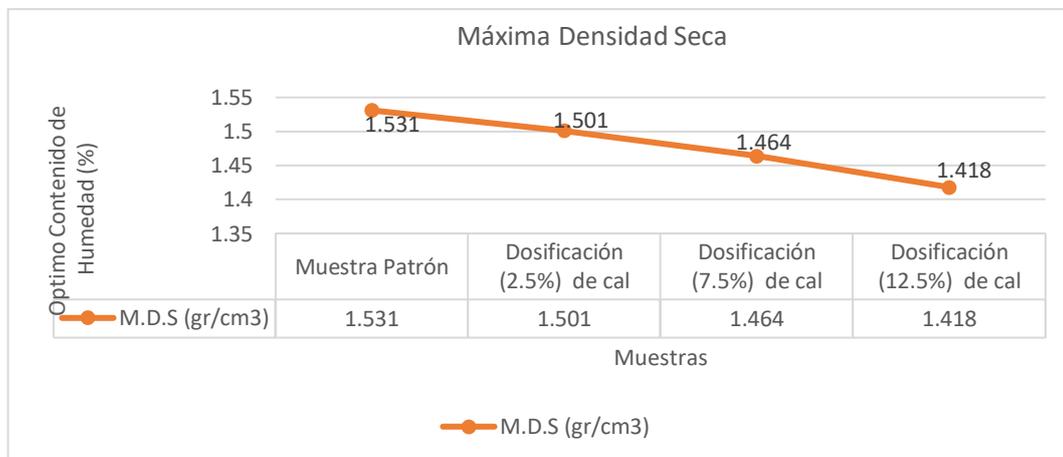


Gráfico 12. Máxima Densidad Seca incorporando 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de esta investigación y los resultados de GUAMAN, I. se concuerda con los resultados del autor en el óptimo contenido de humedad ya que aumentan a medida que se incorporan sus dosificaciones, sin embargo, se discrepa en su máxima densidad seca ya que existe una diferencia en sus primeras dosificaciones, mientras que con la incorporación de ignimbrita blanca en su primera dosificación aumenta pero con la incorporación de cal en su primera dosificación disminuye.

Mientras que VELÁSQUEZ, C. (2018) en su tesis *“Influencia del cemento portland tipo I en la estabilización del suelo arcilloso de la subrasante de la avenida Dinamarca, Sector La Molina”* que al incorporar cemento portland tipo I obtiene que el óptimo contenido de humedad disminuye ya que la muestra patrón tiene 18.9%, en su primera dosificación de 1% de cemento portland tipo I disminuye a 17.9%, en su segunda dosificación de 3% de cemento portland tipo I disminuye a 17.04% y en su tercera dosificación de 5% de cemento portland tipo I disminuye a 16.4%, se puede decir que la disminución es correlacional mientras que su máxima densidad aumenta; en la muestra patrón se tiene una M.D.S de 1.615 (gr/cm³), en su primera dosificación de 1% de cemento portland tipo I aumenta a 1.68 (gr/cm³), en su segunda dosificación de 3% de cemento portland tipo I aumenta a 1.708 (gr/cm³), y en su tercera dosificación de 5% de cemento portland tipo I aumenta a 1.735 (gr/cm³), se puede evidenciar que al incrementar las dosificaciones los porcentajes de la MDS aumentan.

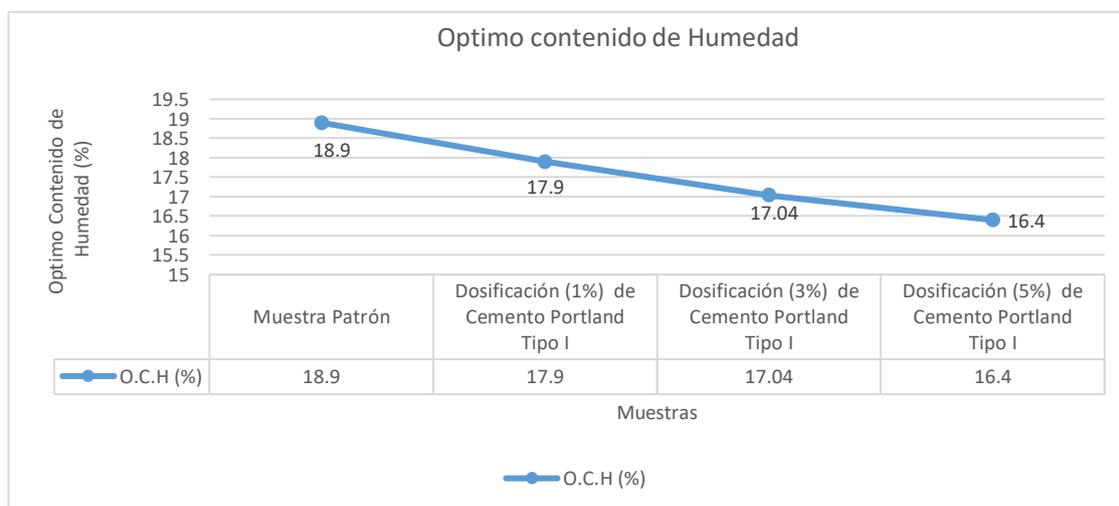


Gráfico 13. Optimo Contenido de Humedad incorporando 1%, 3% y 5% de cemento portland tipo I.

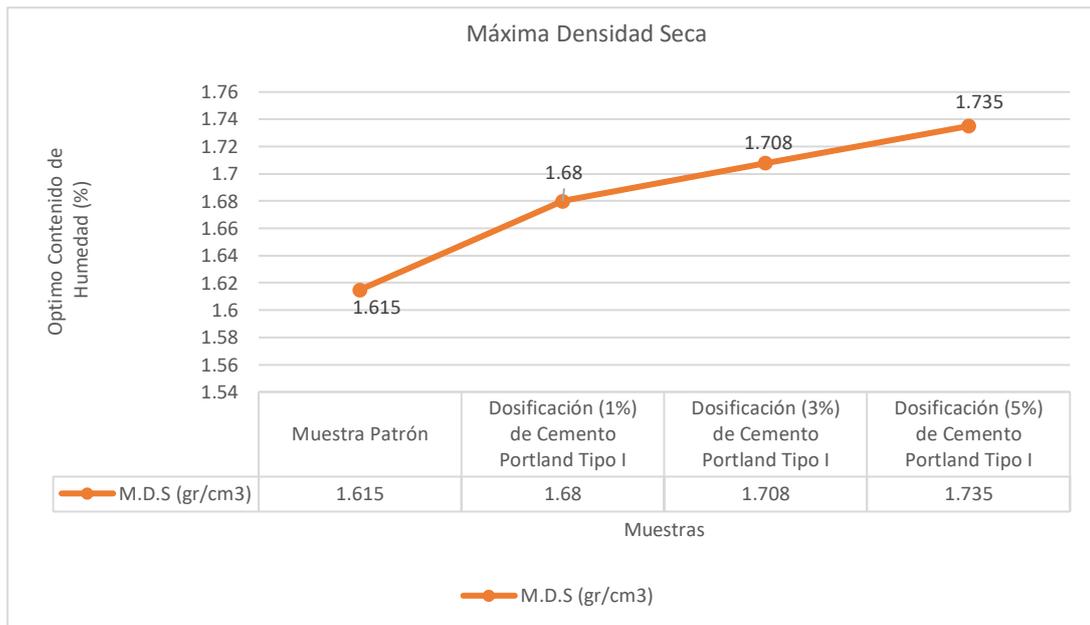


Gráfico 14. Máxima Densidad Seca incorporando 1%, 3% y 5% de cemento portland tipo I.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos de esta investigación y los resultados de VELÁSQUEZ, C. se discrepan con los resultados del autor ya que el óptimo contenido de humedad disminuyen a medida que se incorporan sus dosificaciones, sin embargo, así mismo también se discrepan con los resultados de su máxima densidad seca ya que aumentan desde su primera dosificación, mientras que con la incorporación de ignimbrita blanca el óptimo contenido de humedad aumenta y en la máxima densidad seca disminuye.

El Porcentaje de Expansión que se obtiene mediante el uso del deformímetro (Dial) en los moldes de CBR adicionando ignimbrita blanca, en los moldes a 56 golpes dieron como resultado lecturas finales que disminuyen progresivamente y de forma escalonada, la muestra patrón inicia con 0.7% de expansión, así mismo en la primera dosificación de 8% de ignimbrita blanca disminuye a 0.63% de expansión, en la segunda dosificación de 13% de ignimbrita blanca disminuye a 0.55% de expansión y finalmente en su tercera dosificación de 18% de ignimbrita blanca disminuye a 0.44% de expansión, cabe mencionar que en los moldes de 25 y 12 golpes la disminución también es progresiva.

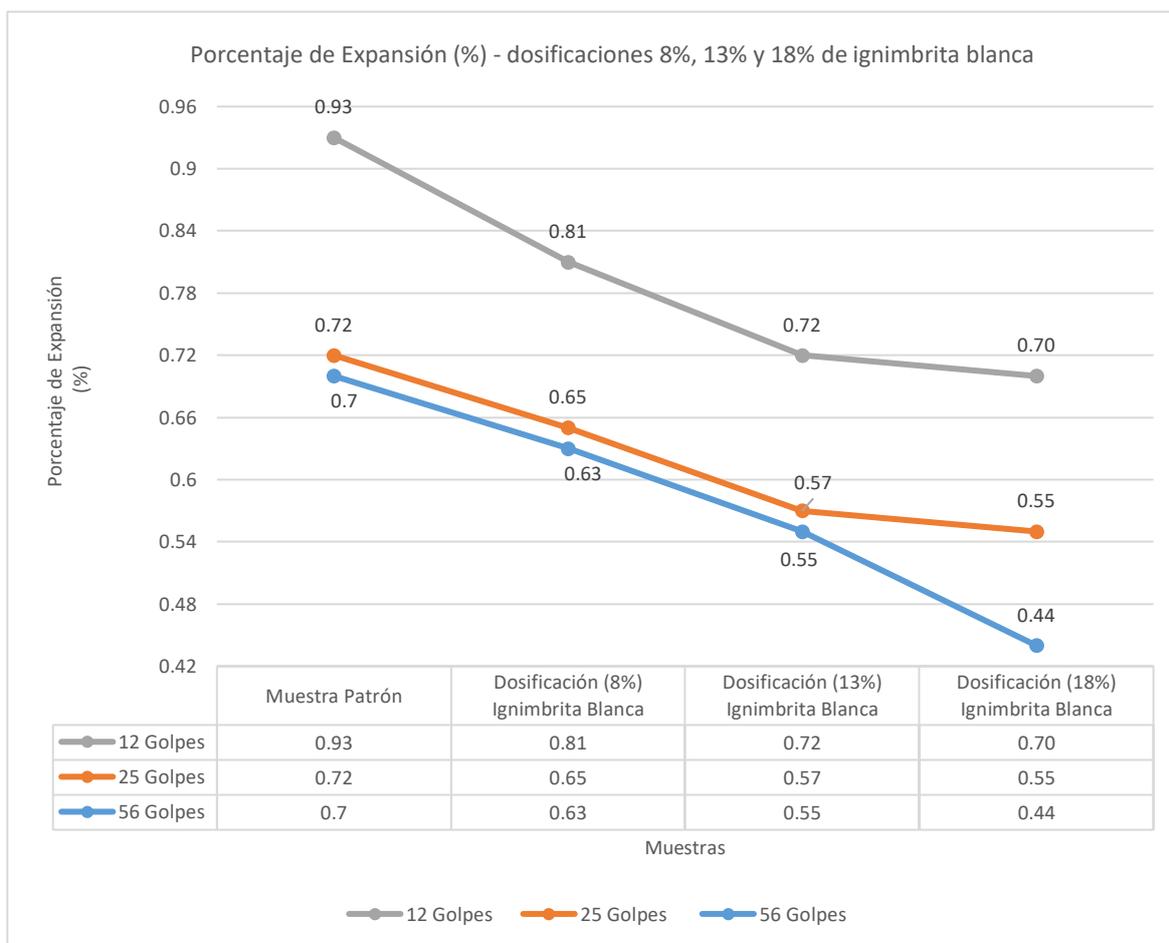


Gráfico 15. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

Mientras que GUAMAN, I. (2016) en su tesis “*Estudio Del Comportamiento De Un Suelo Arcilloso Estabilizado Por Dos Métodos Químicos (Cal Y Cloruro De Sodio)*” incorporando cal y analizando los resultados de sus lecturas finales a 56 golpes podemos observar que disminuyen progresivamente y en forma escalonada, la muestra patrón inicia con 0.43% de expansión, en su primera dosificación de 2.5% de cal disminuye a 0.27%, en su segunda dosificación de 7.5% de cal disminuye a 0.22% y finalmente en su tercera dosificación de 12.5% de cal disminuye a 0.18%, cabe mencionar que en los moldes a 25 y 12 golpes la disminución también es progresiva.

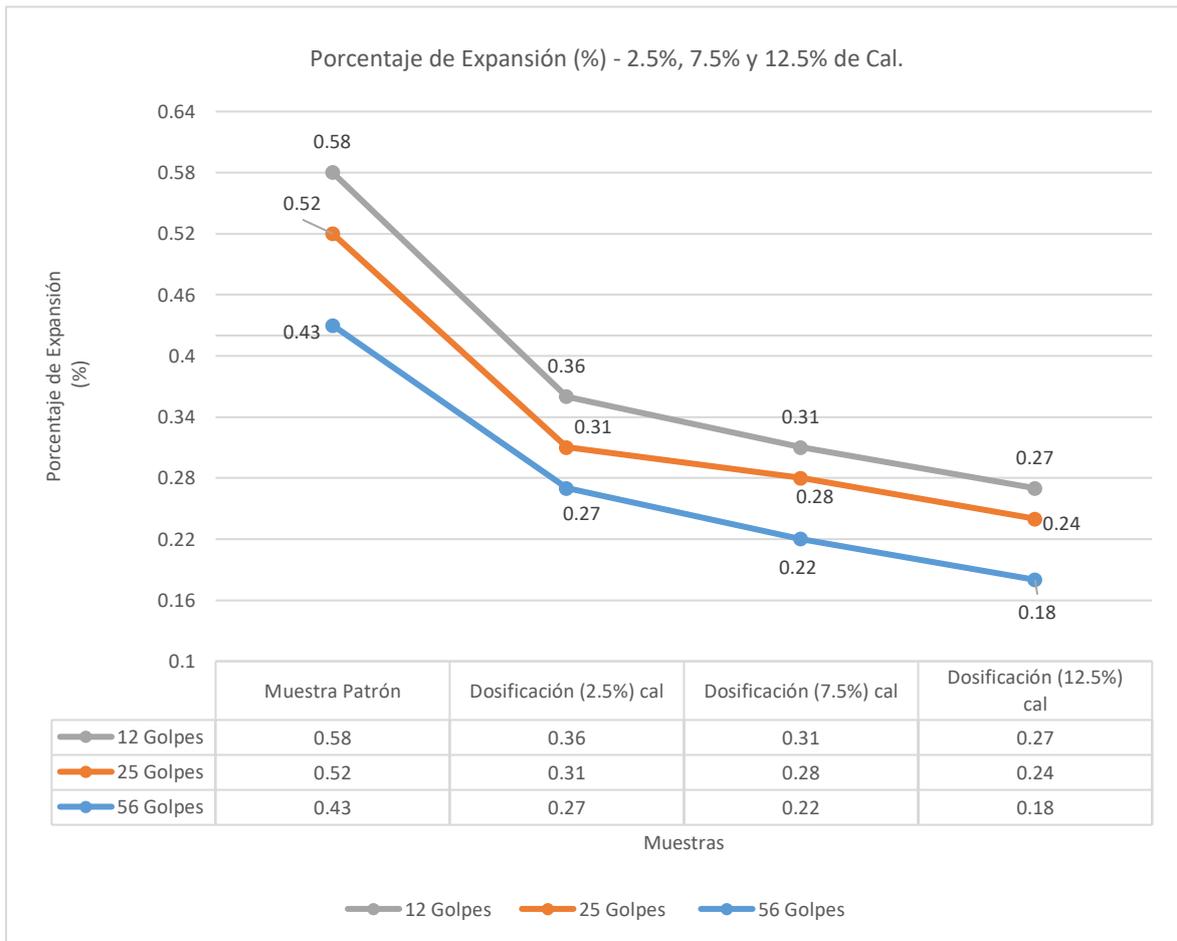


Gráfico 16. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de esta investigación y los resultados de la tesis de GUAMAN, I. se puede concluir que ambos materiales tanto la ignimbrita blanca y la cal hacen que la expansión del suelo disminuya, por ende, se concuerda con los resultados que presenta el autor GUAMÁN, I, esto también se puede evidenciar en los porcentajes de dosificación las cuales tienen una diferencia de 5% entre cada dosificación de ambas investigaciones. Además, la diferencia de expansión entre la muestra patrón y la última dosificación es de 0.25% y 0.26% en ambos materiales.

Mientras que VELÁSQUEZ, C. (2018) en su tesis *“Influencia Del Cemento Portland Tipo I En La Estabilización Del Suelo Arcilloso De La Subrasante De La Avenida Dinamarca, Sector La Molina”* incorporando Cemento Portland Tipo I y analizando

los resultados de sus lecturas finales a 56 golpes podemos observar que disminuyen progresivamente y en forma escalonada, la muestra patrón inicia con 7.57% de expansión, en su primera dosificación de 1% de Cemento Portland Tipo I disminuye a 6.8%, en su segunda dosificación de 3% de Cemento Portland Tipo I disminuye a 5.3% y finalmente en su tercera dosificación de 5% de Cemento Portland Tipo I disminuye a 3.71%, cabe mencionar que en los moldes a 25 y 12 golpes la disminución también es progresiva.

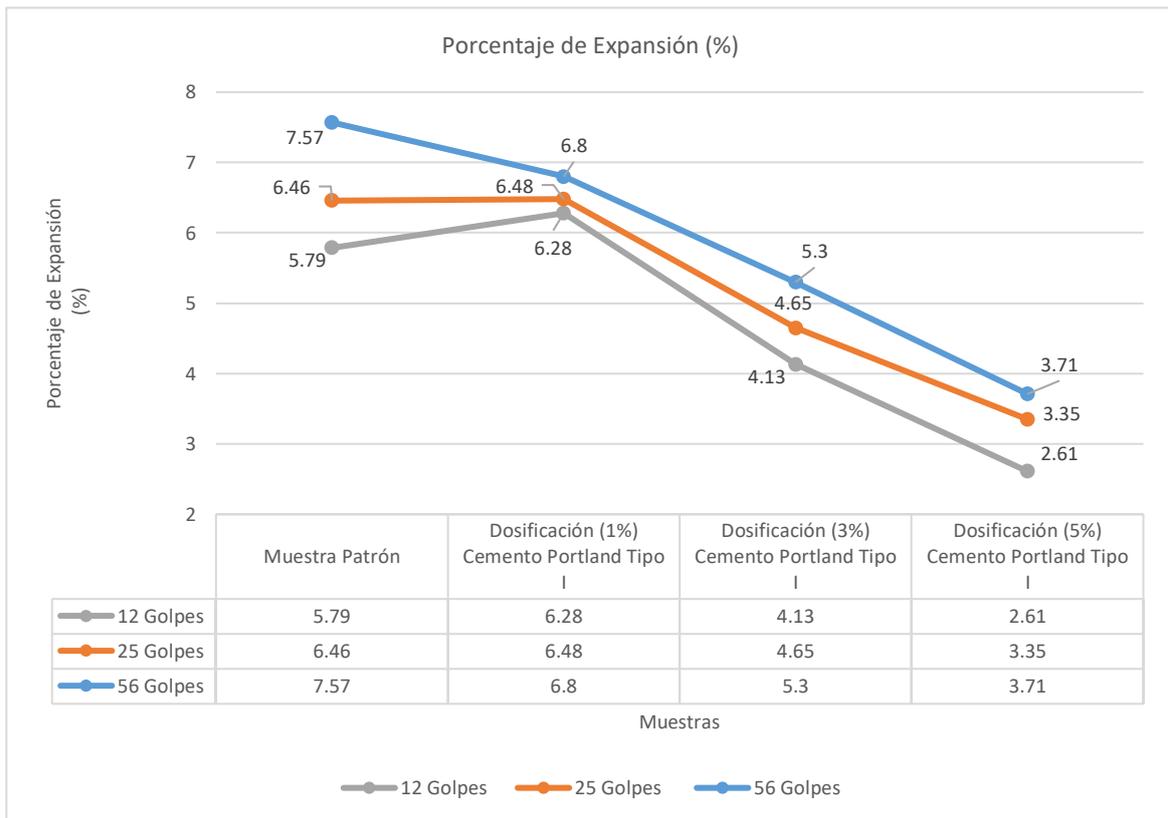


Gráfico 17. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 2.5%, 7.5% y 12.5% de Cal.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de esta investigación y los resultados de la tesis de VELÁSQUEZ, C. se puede concluir que ambos materiales tanto la ignimbrita blanca y el Cemento Portland Tipo I hacen que la expansión del suelo disminuya, por ende, se concuerda con los resultados que presenta el autor VELASQUEZ, C.

En los ensayos de C.B.R al 100% de su M.D.S con la incorporación de ignimbrita blanca se obtuvieron los siguientes resultados: la muestra patrón cuenta con un

CBR inicial de 9.5%; en la primera dosificación de 8% de ignimbrita blanca aumentó significativamente a 16.5%, en la segunda dosificación de 13% de ignimbrita blanca aumentó a 12.7% pero disminuyó respecto a su anterior dosificación y finalmente en la tercera dosificación de 18% de ignimbrita blanca aumento ligeramente a 9.7% pero continuo decayendo con respecto a su anterior dosificación. Se puede evidenciar el aumento significativo de CBR en su primera dosificación, pero también se observa su disminución de CBR a medida que se continúan las dosificaciones.

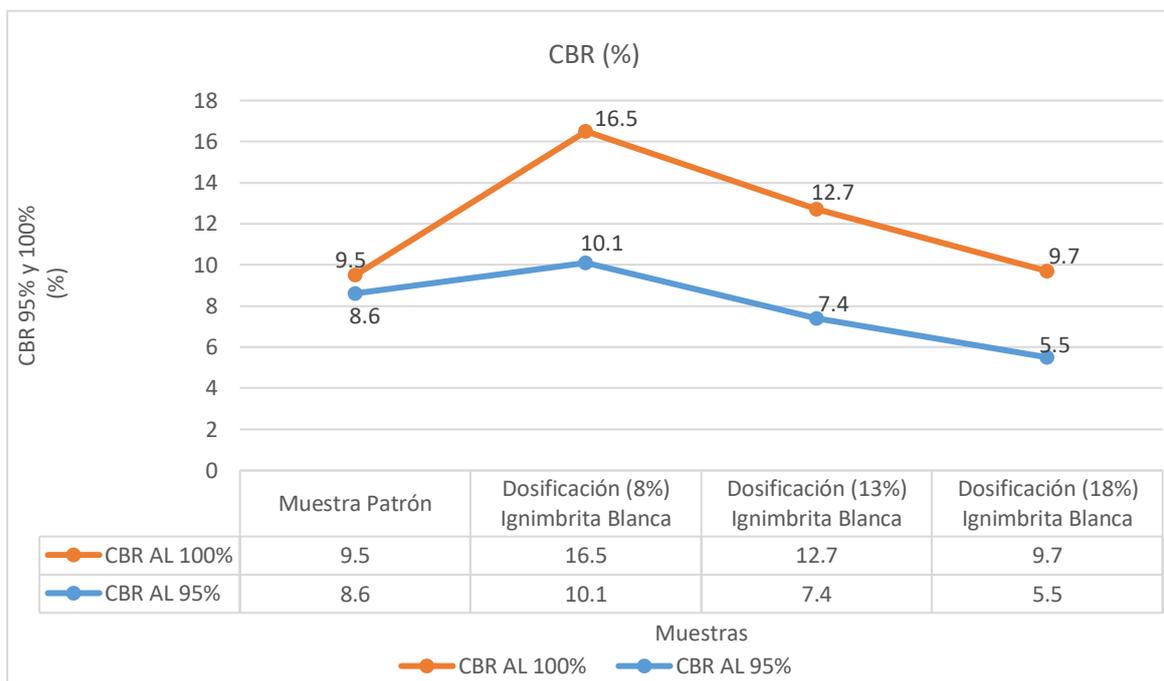


Gráfico 18. Valores de CBR suelo incorporando dosificaciones 8%, 13% y 18% de Ignimbrita Blanca.

Mientras que VELÁSQUEZ, C. (2018) en su tesis *“Influencia Del Cemento Portland Tipo I En La Estabilización Del Suelo Arcilloso De La Subrasante De La Avenida Dinamarca, Sector La Molina”* en sus ensayos de CBR al 100% de su M.D.S incorporando cemento portland tipo I obtuvo los siguientes resultados: su muestra patrón cuenta con un CBR inicial de 1.44%; en su primera dosificación del 1% de cemento portland tipo I aumento a 4.45%, en su segunda dosificación del 3% de cemento portland tipo I aumento a 7.7% y finalmente en su tercera dosificación del 5% de cemento portland tipo I aumento notoriamente a 15.7%. Se puede evidenciar el aumento de CBR desde su primera dosificación.

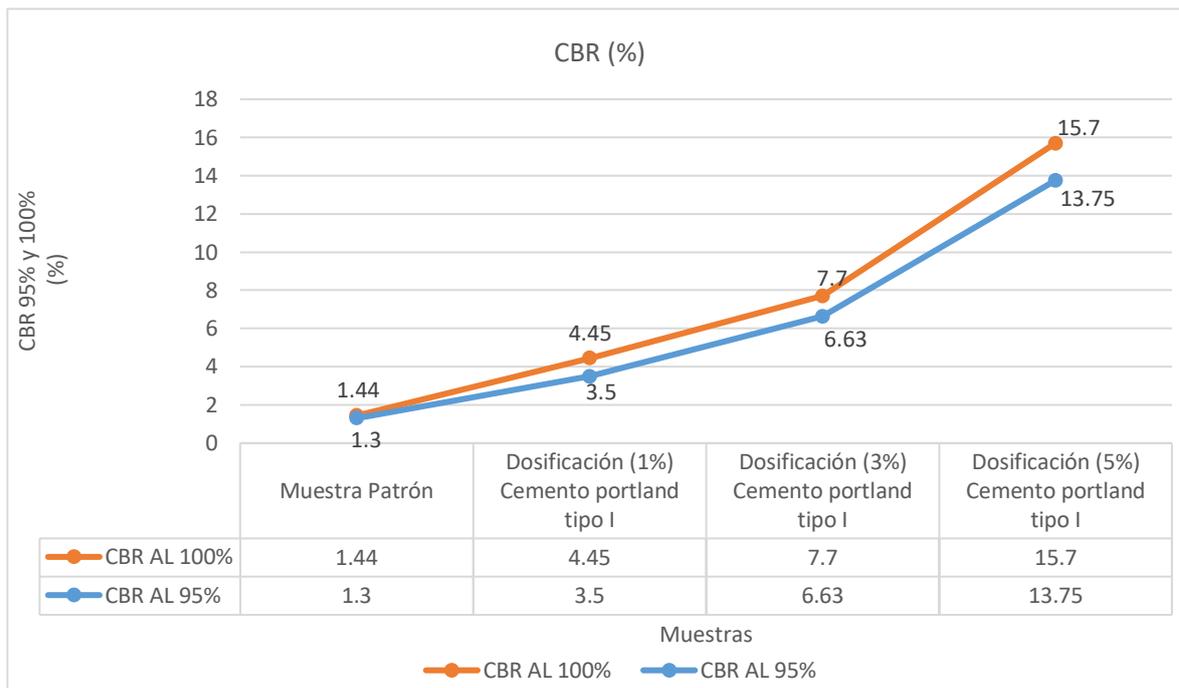


Gráfico 19. Valores de CBR suelo incorporando dosificaciones 1%, 3% y 5% de Cemento Portland Tipo I.

Tomando en cuenta los resultados de esta investigación realizada incorporando ignimbrita blanca y los resultados de VELÁSQUEZ, C. incorporando cemento portland tipo I, Podemos concluir que las investigaciones discrepan en sus resultados, esto se debe a su diferencia en la variación de CBR; con la adición de 8% de ignimbrita blanca incrementa enormemente el CBR, pero a partir de ahí empieza a disminuir en sus siguientes dosificaciones de 13% y 18% con respecto a la primera dosificación, mientras que con la adición del 1% de cemento portland tipo I aumenta su CBR desde el inicio, además a medida que se agregan mayores dosificaciones el aumento de CBR es más notorio. Sin embargo, ambos materiales a pesar de tener componentes mineralógicos similares y de tener discrepancias en sus resultados de CBR, llegan a estar dentro de los parámetros establecidos según las normas de diseño de carreteras.

Mientras que MOALE y RIVERA. (2019) en su tesis *“Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías de la localidad de Villa Rica”* en sus ensayos de CBR al 100% de su M.D.S incorporando cal obtuvo los siguientes resultados: su muestra patrón cuenta con un CBR inicial de 3.7%; en

su primera dosificación del 9% de cal aumentó a 5.1%, en su segunda dosificación del 15% de cal aumentó a 6.4 % y finalmente en su tercera dosificación del 21% de cal aumentó a 5.1%. Se puede evidenciar el aumento de CBR en su primera y segunda dosificación, mientras que en su tercera dosificación se mantuvo igual al de su primera dosificación.

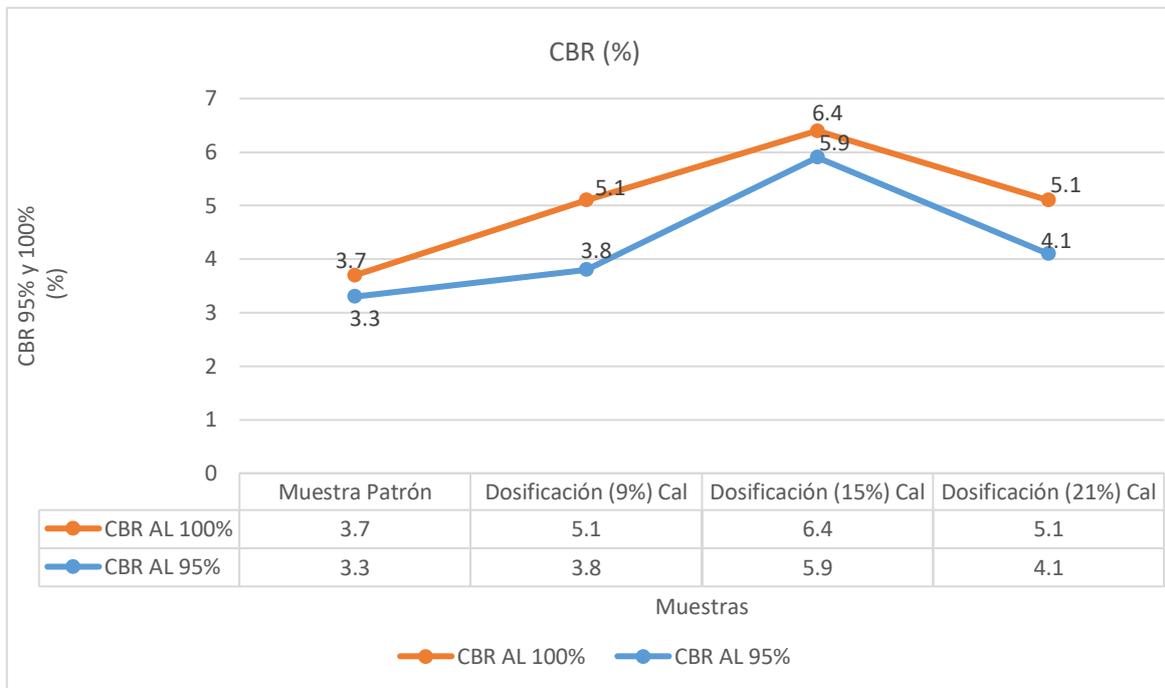


Gráfico 20. Valores de CBR suelo incorporando dosificaciones 9%, 15% y 21% de Cal.

Tomando en cuenta los resultados de esta investigación realizada incorporando ignimbrita blanca y los resultados de MOALE Y RIVERA. incorporando cal podemos concluir que las investigaciones discrepan en sus resultados, esto se debe a su diferencia en la variación de CBR; con la adición de 8% de ignimbrita blanca incrementa enormemente el CBR, pero a partir de ahí empieza a disminuir en sus siguientes dosificaciones de 13% y 18% con respecto a la primera dosificación, mientras que con la adición del 9% y 15% de cal aumenta su CBR, y a pesar de que en su tercera dosificación disminuye respecto a la segunda, su CBR sigue siendo mayor al de su muestra patrón, Sin embargo, ambos materiales a pesar de tener componentes mineralógicos similares y de tener discrepancias en sus resultados de CBR, llegan a estar dentro de los parámetros establecidos según las normas de diseño de carreteras.

En el ensayo de Compactación Proctor Modificado al incorporar mucilago de tuna se obtiene que el óptimo contenido de humedad disminuye ya que en un inicio la muestra patrón tiene 8.9% , en su primera dosificación de 30% de mucilago de tuna disminuye a 8.8%, en su segunda dosificación de 60% de mucilago de tuna disminuye a 8.7%, y en su tercera dosificación de 80% de mucilago de tuna disminuye a 8.6%, se puede decir que el O.C.H. disminuye en un mínimo mientras que su máxima densidad seca aumenta , en la muestra patrón se tiene una M.D.S de 1.936 (gr/cm³), en su primera dosificación de 30% de mucilago de tuna aumenta a 1.982 (gr/cm³), en su segunda dosificación de 60% de mucilago de tuna aumenta a 2.052 (gr/cm³), y en su tercera dosificación de 80% de mucilago de tuna aumenta a 2.028 (gr/cm³), se puede notar que la máxima densidad seca aumenta sin embargo, en la tercera dosificación de 80% disminuye respecto a su anterior dosificación y a su muestra patrón.

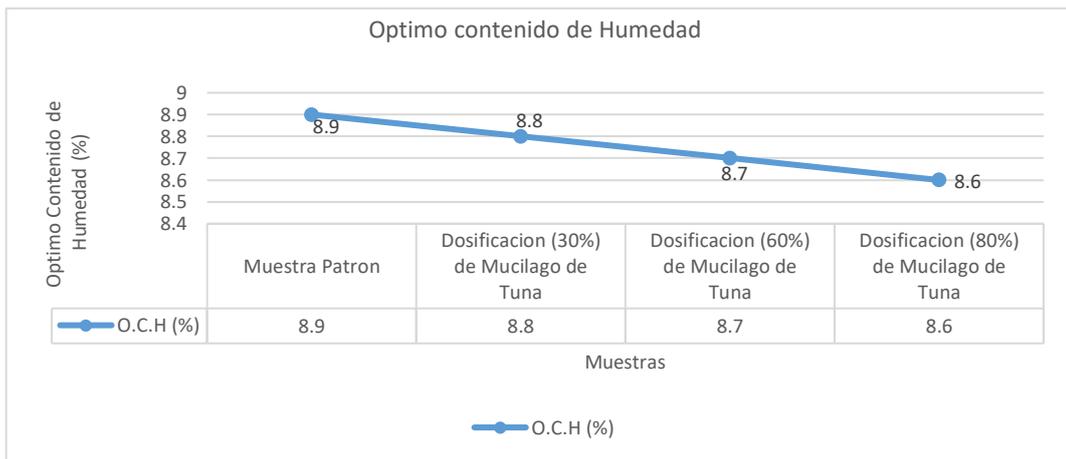


Gráfico 21. Optimo Contenido de Humedad incorporando 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna.

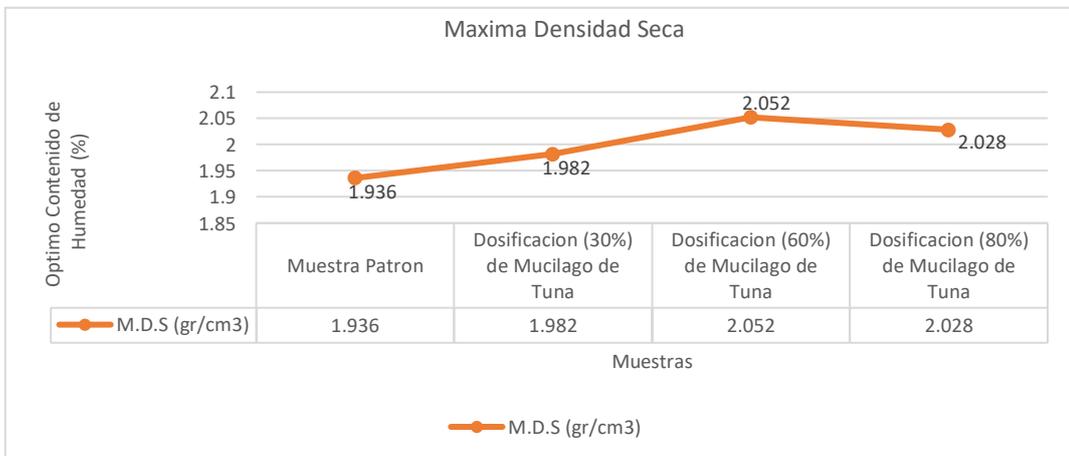


Gráfico 22. Máxima Densidad Seca incorporando 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna

Mientras que MENDIZABAL, K. (2018) en su tesis “Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca” al incorporar mucilago de penca de tuna obtiene que el óptimo contenido de humedad aumenta ya que en su muestra patrón tiene 13.7% , en su primera dosificación de 25% de mucilago de tuna aumenta a 14%, en su segunda dosificación de 50% de mucilago de tuna aumenta a 14.2% y en su tercera dosificación de 75% de mucilago de tuna aumenta a 14.85%, se puede decir que el aumento es correlacional mientras que su máxima densidad seca aumenta ;en la muestra patrón obtiene una M.D.S de 1.846 (gr/cm3), en su primera dosificación 25% de mucilago de tuna aumenta a 1.85 (gr/cm3), en su segunda dosificación 50% de mucilago de tuna aumenta a 1.854% (gr/cm3), y en su tercera dosificación de 75% de mucilago de tuna aumenta a 1.860% (gr/cm3), se puede evidenciar que al incrementar las dosificaciones los porcentajes de la M.D.S. aumentan.

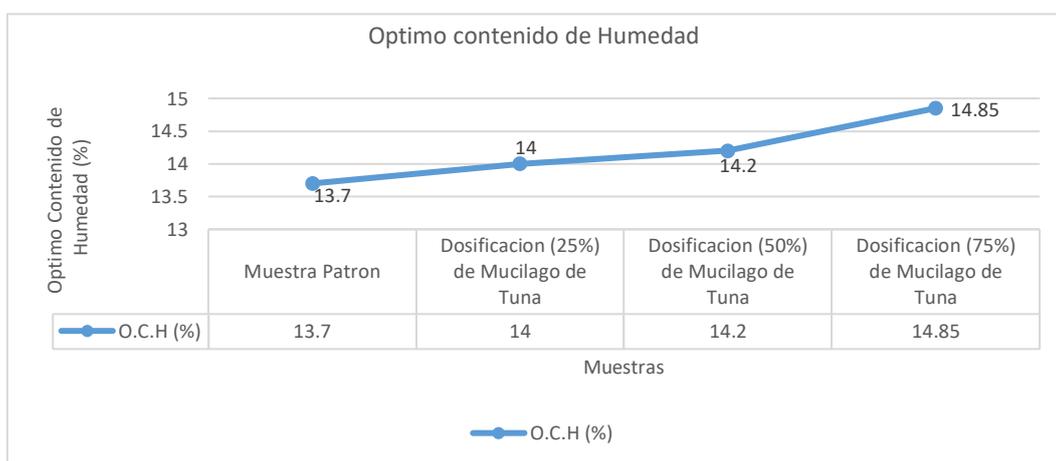


Gráfico 23. Optimo Contenido de Humedad incorporando 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna.

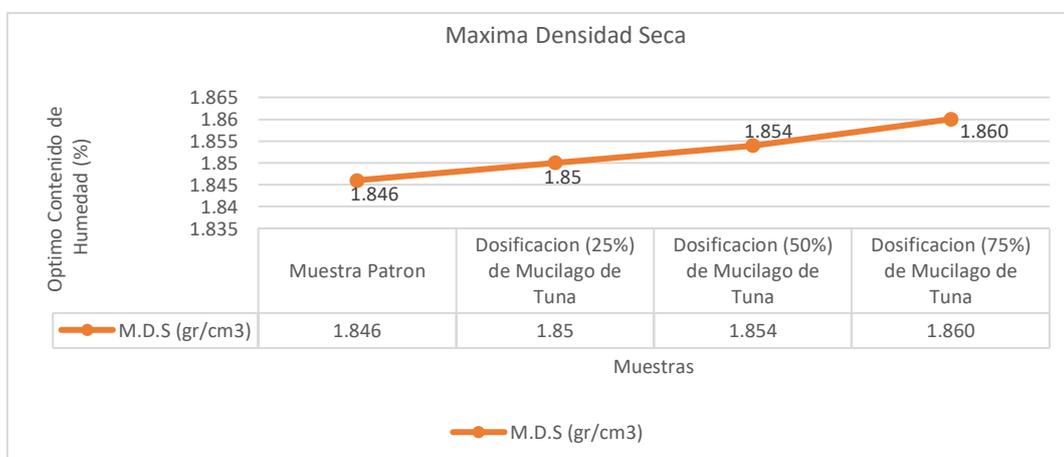


Gráfico 24. Máxima Densidad Seca incorporando 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna

Teniendo en cuenta el resultado obtenido de esta investigación y los resultados de MENDIZABAL, K. el óptimo contenido de humedad no concuerda con los resultados de este autor, ya que en la investigación realizada su óptimo contenido de humedad baja y en la de MENDIZABAL su óptimo contenido de humedad aumenta, sin embargo, concuerda con su máxima densidad ya que ambas aumentan a medida que se adicionan las dosificaciones.

El Porcentaje de Expansión que se obtiene mediante el uso del deformímetro (Dial) en los moldes de CBR adicionando mucilago de tuna , en los moldes a 56 golpes dieron como resultado lecturas finales que disminuyen progresivamente y en forma escalonada, la muestra patrón inicia con 0.7% de expansión, así mismo en la primera dosificación de 30% de mucilago de tuna disminuye a 0.52% de expansión, en la segunda dosificación de 60% de mucilago de tuna disminuye a 0.48% de expansión y finalmente en la tercera dosificación de 80% de mucilago de tuna disminuye a 0.41% de expansión, cabe mencionar que en los moldes de 25 y 12 golpes también disminuye progresivamente.

Mientras que MENDIZABAL, K. (2018) en su tesis *“Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca”* al incorporar mucilago de penca de tuna y analizando los resultados de sus lecturas finales a 56 golpes podemos observar que disminuyen progresivamente y en forma escalonada, su muestra patrón inicia con 1.132% de expansión, en su primera dosificación de 25% de mucilago de tuna disminuye a 1.098% de expansión, en su segunda dosificación de 50% de mucilago de tuna disminuye a 1.046% de expansión y finalmente en su tercera dosificación de 75% de mucilago de tuna disminuye a 0.875% de expansión, cabe mencionar que en los moldes a 25 y 12 golpes también disminuye progresivamente.

Tomando en cuenta los resultados obtenidos de la presente investigación y los resultados de la tesis de MENDIZABAL, K. se puede concluir que al incorporar mucilago de tuna la expansión del suelo disminuye, por ende, se concuerda con los resultados que presenta el autor ya mencionado, esto también se puede evidenciar en los porcentajes de dosificación las cuales tienen una diferencia de 30% y 20%

entre las dosificaciones sucesivamente en esta investigación y una diferencia de 25% en la tesis de MENDIZABAL, K. Además, la diferencia de expansión entre la muestra patrón y la última dosificación de mucilago de tuna es de 0.257% y 0.29% en ambas investigaciones.

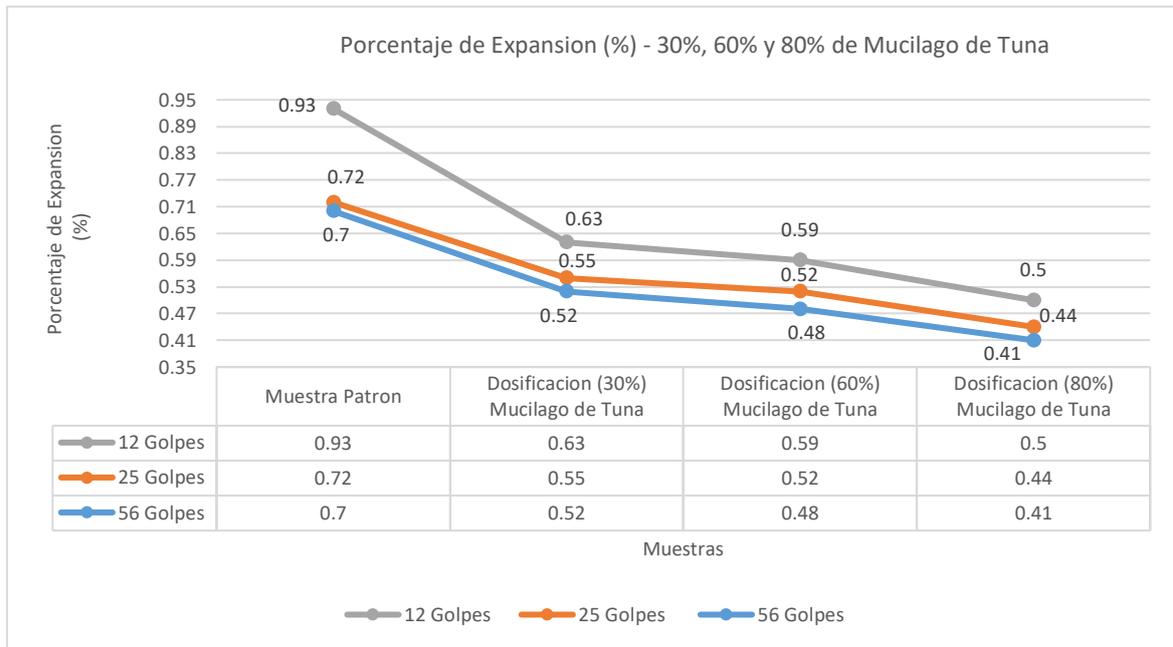


Gráfico 25. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna.

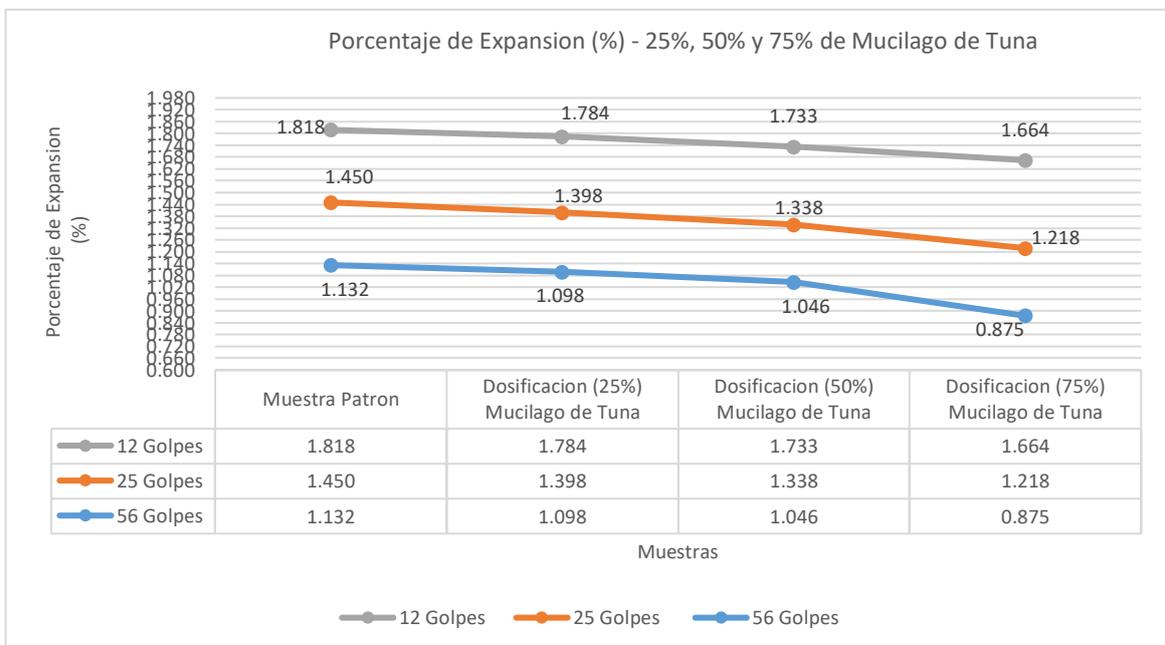


Gráfico 26. Porcentaje de Expansión del suelo incorporando dosificaciones 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna.

En los ensayos de CBR al 95% de su M.D.S con la incorporación de mucilago de tuna se obtuvieron los siguientes resultados. la muestra patrón cuenta con un CBR inicial de 8.6%; en la primera dosificación del 30% de mucilago de tuna disminuye a 7.5%, en la segunda dosificación del 60% de mucilago de tuna aumenta a 10.5%, finalmente en la tercera dosificación del 80% de mucilago de tuna disminuye a 7.1% respecto a la muestra patrón y a su anterior dosificación. Se puede evidenciar una variación de valores de CBR, ya que en su primera dosificación disminuye, en la segunda aumenta y en la tercera disminuye, respecto a la muestra patrón.

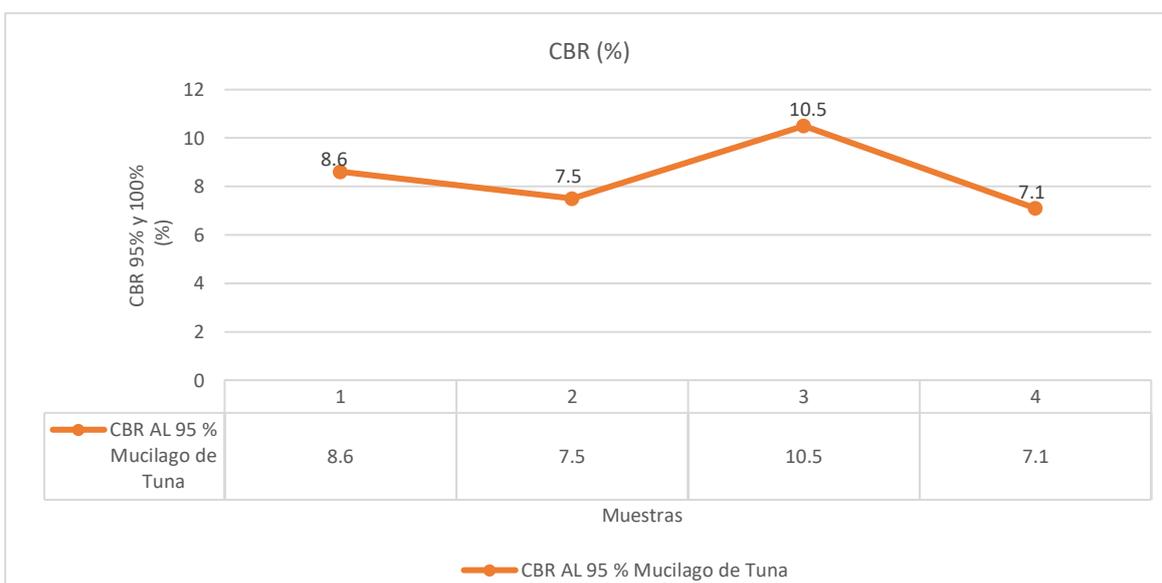


Gráfico 27. Valores de CBR al 95% de su MDS incorporando dosificaciones de 30%, 60% y 80% de Mucilago de Tuna.

Mientras que MENDIZABAL, K. (2018) en su tesis *“Adición del mucilago de penca de tuna para estabilizar suelo arcilloso, Chilca”* en sus ensayos de CBR al 95% de su M.D.S incorporando mucilago de penca de tuna obtuvo los siguientes resultados: su muestra patrón cuenta con un CBR de 5.7%; en su primera dosificación del 25% de mucilago de tuna aumento a 7.6%, en su segunda dosificación del 50% de mucilago de tuna aumento a 9.4% y finalmente en su tercera dosificación del 75% de mucilago de tuna aumento notoriamente a un 11.8%, por ende se puede evidenciar el aumento de CBR desde su primera dosificación.

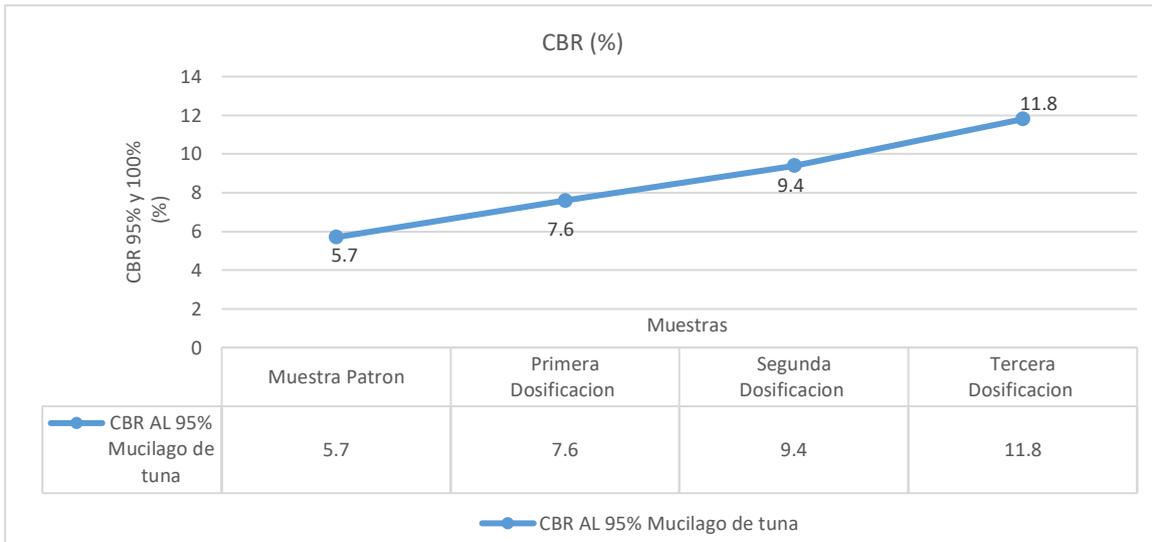


Gráfico 28. Valores de CBR al 95% de su MDS incorporando dosificaciones de 25%, 50% y 75% de Mucilago de Tuna.

Tomando en cuenta los resultados de esta investigación realizada y los resultados de MENDIZABAL, K. incorporando en ambas mucilago de tuna en diferentes dosificaciones, Podemos concluir que las investigaciones discrepan y no están de acuerdo en sus resultados, debido a que en la investigación realizada se obtiene una variación en el aumento y disminución de CBR, mientras que en la investigación de MENDIZABAL los resultados de CBR van en aumento al incorporar cada dosificación de mucilago de tuna.

VI. CONCLUSIONES

1) La muestra patrón del suelo cuenta con un óptimo contenido de humedad de 8.9% y una máxima densidad seca de 1.936 gr/cm³, al adicionar 8% de Ignimbrita Blanca el óptimo contenido de humedad aumento a 9% y su máxima densidad seca también aumento a 1.955 gr/cm³, adicionando 13% de ignimbrita blanca su optimo contenido de humedad aumento a 9.1% y su máxima densidad seca aumento (respecto al patrón) a 1.941 gr/cm³, adicionando 18% de ignimbrita blanca su optimo contenido de humedad aumento a 9.2% y su máxima densidad seca disminuyo a 1.920 gr/cm³ muy por debajo de la muestra patrón, si bien los porcentajes de humedad óptimos aumentan y varían mínimamente; la máxima densidad seca se incrementa levemente en el 13% y decae enormemente en el 18% incorporando ignimbrita blanca lo cual no debería suceder por tratarse de un material seco; por ende ya desde el ensayo de Proctor modificado se evidencia la influencia del material con una variación muy grande y punto de quiebre desde la dosificación del 8% de ignimbrita blanca.

2) Los porcentajes de expansión del suelo disminuyen en función de la muestra patrón a medida que se va incorporando las diferentes dosificaciones de ignimbrita blanca de 8% , 13% y 18%, además esto se evidencia en las lecturas finales de los moldes de 56, 25 y 12 golpes, sin embargo tomando en cuenta los moldes a mayor compactación (56 golpes) se evidencia que la muestra patrón finalizo con una lectura de 0.7% (0.81 mm.) de expansión, la dosificación del 8% finalizo con una lectura de 0.63% (0.74 mm.) de expansión, la dosificación del 13% finalizo con una lectura de 0.55% (0.64 mm.) de expansión y la dosificación del 18% finalizo con una lectura de 0.44% (0.51 mm.) de expansión, por lo tanto se concluye que la influencia del aditivo "Ignimbrita blanca" hace que el suelo tipo CL (arcilla arenosa de baja plasticidad) no se expanda a medida que se agregan las diferentes dosificaciones.

3) Con la dosificación de 13% de ignimbrita blanca el CBR aumentó a 12.7% (100% compactación) y disminuyo a 7.4% (95% compactación) respecto a su muestra patrón, con el 18% de ignimbrita blanca el CBR aumentó a 9.7% (100% compactación) y disminuyo a 5.5% (95% compactación) respecto a su muestra

patrón,, se podría decir que los valores de CBR al 95% disminuyen y al 100% aumentan ligeramente, como se mencionó anteriormente en el ensayo Proctor se tenía una tendencia diferente en estas dosificaciones y aquí se ven evidenciados los resultados; sin embargo se obtuvo un buen resultado en la dosificación más baja de ignimbrita blanca (8%), ya que aumentó considerablemente su CBR de 8.6% a 10.1% al 95% de compactación y su CBR de 9.5% a 16.5% al 100% de compactación cumpliendo con la normativa establecida (*Manual de diseño de carreteras no pavimentada de bajo volumen de tránsito, Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas 2015*), los valores iniciales del CBR de la muestra patrón son considerados como suelos regulares porque son <10% CBR, sin embargo, con la adición de ignimbrita blanca paso de ser un suelo regular a ser un suelo bueno >10% CBR en sus diferentes compactaciones (95% y 100%) por lo que se destaca la influencia del aditivo usado.

Tabla 29. *Categorías de la Sub-Rasante*

CATEGORIAS	CBR
S0: Subrasante muy pobre	CBR < 3%
S1: Subrasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2: Subrasante regular	CBR = 6% - 10%
S3: Subrasante buena	CBR = 11% - 19%
S4: Subrasante muy buena	CBR > 20%

Fuente: Manual de diseño de carreteras no pavimentada de bajo volumen de tránsito (pag.130).

Tabla 30. *Categorías de la Sub-Rasante*

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	CBR = 3% - 6%
S2: Subrasante Regular	CBR = 6% - 10%
S3: Subrasante Buena	CBR = 10% - 20%
S4: Subrasante Muy Buena	CBR = 20% - 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR > 30%

Fuente: Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” (pag.40).

Tabla 31. Especificaciones técnicas de tipos de Estabilizadores y Parámetros.

SUELO ESTABILIZADOR CON	PARAMETROS
CEMENTO	1. Resistencia a compresion simple= 1.8 Mpa min (MTC E 1103) 2. Humedecimiento - secado (MTC E 1104) - Para suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A3 =14% de Perdida Maxima. - Para suelos A-2-6; A-2-7; A5 =10% de Perdida Maxima. - Para suelos A-6, A-7 = 7% de Perdida Maxima.
EMULSION ASFALTICA	1. Estabilidad Marshall = 230 kg min (MTC E 504) 2. Perdida de estabilidad despues de saturado = 50% min. 3. Porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla debe estar entre 50 y 100%
CAL	1. CBR' = 100% min (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansion \leq 0.5 %
SALES	1. CBR' = 100% min, CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 132)
PRODUCTOS QUIMICOS (ACEITES SULFADOS, IONIZADORES, POLIMEROS, ENZIMAS, SISTEMAS, ETC)	1. CBR' = 100% min, CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 132) 2. Expansion \leq 0.5 %

Fuente: Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas 2015 (Pág. 4).

4) La muestra patrón del suelo cuenta con un óptimo contenido de humedad de 8.9% y una máxima densidad seca de 1.936 gr/cm³, al adicionar el 30% de mucilago de tuna su óptimo contenido de humedad disminuyó a 8.8% y su máxima densidad seca aumentó (respecto a la muestra patrón) a 1.982 gr/cm³, adicionando el 60% de mucilago de tuna su óptimo contenido de humedad disminuyó a 8.7% y su máxima densidad seca aumentó (respecto a la muestra patrón) a 2.052 gr/cm³, adicionando un 80% de mucilago de tuna su óptimo contenido de humedad disminuyó a 8.6% y su máxima densidad seca aumentó (respecto a la muestra patrón) a 2.028 gr/cm³ pero disminuyo respecto a su última dosificación, si bien los porcentajes de humedad óptimos disminuyeron y tienen una variación mínima, la máxima densidad seca se incrementa radicalmente en todas sus dosificaciones pero ocurre una irregularidad en la dosificación de 80% cuando decae respecto a su última dosificación. cual no debería suceder; por ende, ya desde el ensayo de Proctor modificado se evidencia la influencia de una variación y punto de quiebre desde la dosificación de 80% de mucilago de tuna.

5) Los porcentajes de expansión del suelo disminuyen en función de la muestra patrón a medida que se va incorporando las diferentes dosificaciones de mucilago de tuna de 30% , 60% y 80%, además esto se evidencia en las lecturas finales de los moldes de 56, 25 y 12 golpes, sin embargo tomando en cuenta los moldes a mayor compactación (56 golpes) se evidencia que la muestra patrón finalizo con una lectura de 0.7% (0.81 mm.) de expansión, la dosificación del 30% finalizo con una lectura de 0.52% (0.61 mm.) de expansión, la dosificación del 60% finalizo con una lectura de 0.56% (0.48 mm.) de expansión y la dosificación del 80% finalizo con una lectura de 0.48% (0.41 mm.) de expansión, por lo tanto se concluye que la influencia del aditivo “Mucilago de tuna” hace que el suelo tipo CL (arcilla arenosa de baja plasticidad) no se expanda a medida que se agregan las dosificaciones.

6) Con la dosificación del 30% de mucilago de tuna el CBR aumentó a 11.5% (100% compactación) y disminuyo a 7.5% (95% compactación) respecto a su muestra patrón , con 80% de mucilago de tuna el CBR (en relación al patrón) aumento a 14.1% (100% compactación) respecto a su muestra patrón y disminuyo enormemente a 7.1% (95% compactación), se podría decir que los valores de CBR al 95% disminuyen y al 100% aumentan; sin embargo se obtuvo un buen resultado en la dosificación de 60% de mucilago de tuna, ya que aumentó considerablemente su CBR de 8.6% a 10.5% al 95% de compactación y su CBR de 9.5% a 13.8% al 100% de compactación cumpliendo con la normativa establecida (*Manual de diseño de carreteras no pavimentada de bajo volumen de tránsito, Manual de Carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas 2015*), los valores iniciales del CBR de la muestra patrón son considerados como suelos regulares porque son <10% CBR, sin embargo, con la adición de ignimbrita blanca paso de ser un suelo regular a ser un suelo bueno >10% CBR en sus diferentes compactaciones (95% y 100%) por lo que se destaca la influencia del aditivo usado.

Tabla 32. Categorías de la Sub-Rasante.

CATEGORIAS	CBR
S0: Subrasante muy pobre	CBR < 3%
S1: Subrasante pobre	CBR = 3% - 5%
S2: Subrasante regular	CBR = 6% - 10%
S3: Subrasante buena	CBR = 11% - 19%
S4: Subrasante muy buena	CBR > 20%

Fuente: Manual de diseño de carreteras no pavimentada de bajo volumen de tránsito (pag.130).

Tabla 33. Categorías de la Sub-Rasante

CATEGORIAS DE SUBRASANTE	CBR
S0: Subrasante inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	CBR = 3% - 6%
S2: Subrasante Regular	CBR = 6% - 10%
S3: Subrasante Buena	CBR = 10% - 20%
S4: Subrasante Muy Buena	CBR = 20% - 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR > 30%

Fuente: Manual de Carreteras "Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos" (pag.40).

Tabla 34. Especificaciones técnicas de tipos de Estabilizadores y Parámetros.

SUELO ESTABILIZADOR CON	PARAMETROS
CEMENTO	<ol style="list-style-type: none"> Resistencia a compresion simple= 1.8 Mpa min (MTC E 1103) Humedecimiento - secado (MTC E 1104) <ul style="list-style-type: none"> - Para suelos A-1; A-2-4; A-2-5; A3 =14% de Perdida Maxima. - Para suelos A-2-6; A-2-7; A5 =10% de Perdida Maxima. - Para suelos A-6, A-7 = 7% de Perdida Maxima.
EMULSION ASFALTICA	<ol style="list-style-type: none"> Estabilidad Marshall = 230 kg min (MTC E 504) Perdida de estabilidad despues de saturado = 50% min. Porcentaje de recubrimiento y trabajabilidad de la mezcla debe estar entre 50 y 100%
CAL	<ol style="list-style-type: none"> CBR' = 100% min (MTC E 115, MTC E 132) Expansion ≤ 0.5 %
SALES	<ol style="list-style-type: none"> CBR' = 100% min, CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 132)
PRODUCTOS QUIMICOS (ACEITES SULFADOS, IONIZADORES, POLIMEROS, ENZIMAS, SISTEMAS, ETC)	<ol style="list-style-type: none"> CBR' = 100% min, CBR no saturado (MTC E 115, MTC E 132) Expansion ≤ 0.5 %

Fuente: Documento Técnico Soluciones Básicas en Carreteras No Pavimentadas 2015. (Pág. 4).

7) Finalmente se puede concluir que la incorporación tanto de ignimbrita blanca como de mucilago de tuna en sus diferentes dosificaciones fueron favorables para conocer la influencia de estos materiales al incorporarlo en el suelo además se logró el objetivo principal de estabilizar el suelo con dichos materiales estando dentro de los parámetros de las normas peruanas para el diseño, en lo que respecta al óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca, la ignimbrita blanca hace que su O.C.H aumente y su M.D.S disminuya en su segunda dosificación, con el mucilago de tuna ocurre lo contrario su O.C.H baja y su M.D.S aumenta sin embargo en su última dosificación empieza a decaer, los porcentajes de expansión disminuyeron en ambos materiales (ignimbrita blanca y el mucilago de tuna) y los valores de CBR con sus diferentes dosificaciones de ignimbrita blanca (8%, 13% y 18%) mostraron variaciones al aumentar exponencialmente el valor de CBR en su primera dosificación y a su vez disminuye al continuar aumentando las dosificaciones; en cuanto al mucilago de tuna (30%, 60% y 80%), los valores de CBR fueron favorables al ir incrementando sus dosificaciones.

VII. RECOMENDACIONES

En cuanto al óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca se sugiere tomar en cuenta las variaciones de aumento y disminución, ya que en este caso particular la ignimbrita blanca se comportó de manera irregular en las dosificaciones de 13% y 18% en relación a su máxima densidad seca por lo que se sugiere que se continúe investigando si estas variaciones persisten con menores o mayores dosificaciones.

Se sugiere continuar con la investigación en diferentes tipos de suelos y diferentes dosificaciones de ignimbrita blanca para verificar si la expansión del suelo continúa disminuyendo o en caso contrario llegaría a aumentar.

Se recomienda que se siga realizando estudios con la adición de ignimbrita blanca como un nuevo método estabilizante en diferentes suelos, sin embargo, también se sugiere que se incorpore dosificaciones menores a 8% y no mayores a este ya que se evidencia la disminución en el CBR al 95% y 100% de compactación lo cual no es recomendable para este tipo de suelo.

El óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca están relacionados inversamente proporcional a sus valores, sin embargo, en la dosificación mayor (80%) se puede visualizar una irregularidad por lo que se sugiere que se continúe con la investigación con porcentajes mayores a 80% para poder verificar si la máxima densidad seca llegara a disminuir.

Se recomienda continuar con la investigación en diferentes tipos de suelos y con diferentes dosificaciones de mucilago de tuna para verificar si la expansión del suelo continúa disminuyendo o en caso contrario llegaría a aumentar.

Se sugiere tomar en cuenta los resultados obtenidos en esta investigación, ya que la adición de mucilago de tuna a una compactación de 100% aumenta su CBR, sin embargo, a una compactación de 95% tiene subidas y caídas, por lo que se debería tomar en cuenta el proyecto a ejecutar.

REFERENCIAS

ABDULSATTAR, Zaid. 2015. *Soil stabilization with rice husk ash and cement.* Kuala Lumpur- Malasia : s.n., 2015.

AIRE, Alfonso. 2012. *Manual del Sillar: Características físicas de las canteras de sillar, proyecto características físicas del sillar.* Arequipa- Peru : Municipalidad distrital de Arequipa, 2012.

ALTAMIRANO, Genaro y DIAZ, Axell. 2015. *Estabilización de Suelos Cohesivos por Medio de Cal en las Vías de la Comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio Potosi - Rivas.* Potasi - Rivas : s.n., 2015.

ANOL, Brattacherjee. 2012. *Social science research: principles, methods, and practices.* USA : University of south florida scholar commons, 2012. 978-1475146127.

APAZA, Hugo. *Tratamiento Ecológico, una Alternativa Sustentable para la Purificación de Agua Contaminadas Destinadas al Riego de Cultivos en Arequipa.* Arequipa : s.n.

ARANDA, Jimenez y SUAREZ, Dominguez. 2016. *Efectos de la impermeabilidad del mucilago del nopal en bloques de tierra comprimidos.* Leon Guanajuato, Mexico : Revista Electronica, 2016. 2007-0705.

CASAS, Silva. 2017. *Extracción de mucilago de la penca de la tuna y su aplicación en el proceso de coagulación-floculación de aguas turbias.* Arequipa - Peru : UNSA, 2017.

CASTRO, Juan, PAREDES, Cesar y MUÑOZ, Dacio. 2009. *Cultivo de Tuna.* Trujillo : s.n., 2009.

DEEPAK, C, y NEENA, S. 2018. *Research Methodology.* New Delhi : Vikas publishing house, 2018.

E., MOALE A. Y RIVERA. 2019. *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica .* Lima : s.n., 2019.

ELIZONDO, Fabian. 2008. *Guía para la estabilización o mejoramiento de rutas no pavimentadas.* Puno : Universidad Nacional del Altiplano, 2008. 8-9572-45-03.

ESCOBAR, Estela. *Aprovechamiento de los Recursos Volcanicos en el Campo de Calatrava.* Mina- España : s.n.

FLANNELLY, Laura. 2014. *Journal of Health care chaplaincy.* USA : Routledge Taylor and Francis Group, 2014. 1528-6916.

GARCIA , B., y otros. 2013. *Mucilago de Nopal en Propiedades Físicas y Químicas de los Suelos Arcillosos y Arenoso.* Texcoco- Mexico : s.n., 2013.

GARNICA, P., y otros. 2002. *Estabilizacion de suelos con cloruros de sodio para su uso en las vias terrestres.* Queteraro, Mexico : Publicacion tecnica: secretariado de comunicaciones y transporte (STC) Instituto mexicano del transporte., 2002. 0188-7297.

GOMEZ, Dina, BUILES, Manuel y MILLAN, Alvaro. 2011. *Resistencia al Corte de Cenizas de Origen Volcanico Considerando su Anisotropia Inherente.* Colombia : Pan-Am Geotechnical Conference, 2011.

GUSMAN , Israel. 2016. *Estudio del Comportamiento de un Suelo Arcilloso Estabilizado por dos Metodos Quimicos (Cal y Cloruro de Sodio).* Ambato - Ecuador : s.n., 2016.

INGLESE, Pablo, CANDELARIO , Jacobo y ALI, Icarda. 2018. *Ecologia del Cultivo Manejo y Usos del Nopal.* Roma : Centro internacional de investigaciones agricolas en zonas aridas, 2018. 978-925-130494-5.

KOTHARI, C. 2004. *Research Methodology: Methods y Techniques.* New Delhi : New International Publishers, 2004. 978-81-224-2488-1.

LARA, Juan. 1988. *Ensayos de albañileria en Sillar.* Lima : s.n., 1988.

LIZCANO A., HERRERA M. y SANTAMARINA J. 2006. *Suelos derivados de cenizas volcanicas en colombia.* Bogota, Colombia : Investigacion de desastres naturales, accidentes e infraestructura vial., 2006. 0-203-02905-4.

LOPEZ, Teresa, y otros. 2010. *Polimeros para la estabilizacion volumetrica de arcillas expansivas.* Queretaro, Mexico : Revista iberoamericana de polimeros, Universidad nacional autonomas de Mexico, 2010. 159-168.

LUOIS, Cohen, LAWRENCE, Manion y KEITH, Morrison. 2007. *Research Methods in Education.* London and New York : Routledge, 2007. 0-203-02905-4.

MENA, Richard. 2018. *Mejoramiento del suelo de una via no pavientada adicioando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermudez, Provincia de Huaral, Lima 2018.* Lima : s.n., 2018.

MENDIZABAL, Katheryn. 2018. *Adicion del Mucilago de Penca de Tuna para Estabilizar Suelo Arcilloso.* Huancayo : s.n., 2018.

MOLAE , ALEXANDRA y RIVERA , EBDY. 2019. *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica.* Lima : s.n., 2019.

MONTEJO, Alfonso. 2002. *Ingenieria de Pavimentos para Carreteras.* Bogota, Colombia : Universidad Catolica de Colombia, 2002. 958-96036-2-9.

MORENO, Mario y HIDALGO, Cesar. 2005. *Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolucion en el tiempo.* Colombia : Revistas Ingenierias, 2005.

- MWANGA, Eliafle. 2015.** *Stabilization of Silt Clay Soil Using Molasses for Small Dam Embankment Construction as Inner Zone.* kenia : s.n., 2015.
- PARRA, Manuel. 2018.** *Estabilizacion de un Suelo con Cal y Ceniza Volante.* Bogota - Colombia : s.n., 2018.
- RAMOS , Maria, IGLESIAS , Fernando y PERALTA, Enrique. 2017.** *Revista de Ciencias Naturales y Agropecuarias.* Sucre- Bolivia : Ecofran-Bolivia, 2017.
- RANJIT, Kumar. 2011.** *Research Mtehodology: a step by step guide for beginners.* New Delhi : SAGE, 2011. 978-1-84920-300-5.
- RODRIGUEZ, Mario y HIDALGO, Cesar. 2005.** *Comportamiento de suelos residuales de diorita estabilizados con cal y su evolucion en el tiempo.* Medellin : Revista ingenierias Universidad de Medellin, 2005. 1692-3324.
- SAENZ, Carmen. 2006.** *Utilizacion Agroindustrial del Nopal.* Roma : Boletin tecnico: servicios de tecnologia y alimentaria (AGST) con la colaboracion de la red internacional de cooperacion tecnica de Nopal (FAO-CACTUSNET) del Fao., 2006. 10204334.
- STEPHEN I. y BRETТА K. 2015.** *Journal of Edducational policy and entrepreneurial research.Ethical considerations and their aplication to research: a case of the university of nairobi.* 2015. pág. 9. Vol. vol.3.
- STUART, McDonald y NICOLA, Headland. 2015.** *Research Methods Handbook.* Manchester : CLES, 2015. 18-700-53656.
- SUAREZ, Jaime.** *Deslizamiento: Analisis Geotecnico.*
- SUE, Greener. 2008.** *Business Research Methods.* Unated Kindom : s.n., 2008. 978-87-7684-421-2.
- TESEMA, Gadise. 2016.** *Expansive soil stabilization by sugare cane molasses.* 2016.
- TORRES, Andres, y otros. 2010.** *Mejora en la durabilidad de materiales base cemento, utilizando adiciones deshidratadas de dos cactaceas.* Sanfadila, Mexico : Publicacion tecnica SCT (secretariado de comunicaciones y transporte), 2010. 0188-7297.
- ULATE, Alfonso. 2017.** *Estabilizacion de suelos y materiales granulares en caminos de bajo volumen de transito.* Costa rica : Universidad de Costa Rica, 2017.
- UMA, Sekaran. 2003.** *Research Methods For Businees: a skill-building approach.* USA : Wiley and Sons, 2003. 0-471-20366-1.
- VALLE, Wilfredo. 2010.** *Estabilizacion de suelos arcillosos plasticos con mineralizacion en ambiente sulfatadoso yesiferos.* Madrid, España : Universidad Politecnica de Madrid, 2010.

VELÁSQUEZ, César. 2018. *Influencia del Cemento Portland Tipo I en la Estabilización del Suelo Arcilloso de la Subrasante de la Avenida Dinamarca, Sector la Molina.* Cajamarca : s.n., 2018.

WALLIMAN, N. 2011. *Research Methods: The Basic.* 1^oed. Routledge : s.n., 2011. pág. 205.

YOGESH, Kumar. 2006. *Fundamental of research methodology and statistcs.* New Delhi : New age international publishers, 2006. 978-81-22-2418-8.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Operacionalización de Variables.

"Estabilización de Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019"					
Variabes	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Variable Independiente	"Es el producto de una terrible explosión en la superficie de la tierra de la cual salieron grandes descargas de un material ígneo similar a la espuma, material que al solidificarse se convierte en ignimbrita, que en Arequipa toma nombre de Sillar" (Aire,2015, pág. 6.)	Se incorporará el material Ignimbrita blanca en diferentes proporciones en los ensayos de laboratorio.	Dosificación Optima	8%, 13% y 18%	De Razón
Ignimbrita Blanca					
Mucilago de Tuna	"El mucilago... se presenta tanto en los cladodios como en la piel y pulpa de la fruta, aunque en muy diversas proporciones ... se pueden extraer de las pencas maduras dándoles mayor utilidad o de pencas provenientes de la poda de plantas que se cultivan para producción de fruta" (Casas,2017, pag.24)	Se incorporará el mucilago de la penca de la tuna en diferentes dosificaciones en los ensayos de laboratorio.	Dosificación Optima	30%, 60% y 80%	De Razón
Variable Dependiente	"La estabilización del suelo... es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su índice de plasticidad. las tres formas de lograrlo son: estabilización física, estabilización química y estabilización mecánica" (Valle ,2010, pag.13)	Se realizará la extracción de muestra representativa del suelo para realizar los ensayos físicos y mecánicos en el laboratorio.	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
Estabilización de Suelo			Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad	Densidad Máxima Seca y Optimo Contenido de Humedad	De Razón
			Porcentaje de Expansión	Índice de Expansión de Suelo	De Razón
			Resistencia	Capacidad Portante del Suelo	De Razón

Fuente: Elaboración propia.

Matriz de Consistencia.

"Estabilización de Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019"						
Problema	Objetivo	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores	Metodología
Problema Principal	Objetivo Principal	Hipótesis Principal	Variable Independiente			
¿Con la incorporación de ignimbrita blanca y mucilago de tuna se estabilizará el suelo en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, región arequipa,2019?	Estabilizar el suelo con la incorporación de ignimbrita blanca y mucilago de tuna en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, región Arequipa, 2019.	la incorporación de ignimbrita blanca y mucilago de tuna mejorar significativamente la estabilización de suelo en el acceso Huancarqui a la mina Zafranal, región Arequipa, 2019.	Ignimbrita Blanca	Dosificación Optima	8%, 13% y 18%	Método de Investigación: Método científico
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos				
¿Cuál es la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo?	Evaluar la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.	la incorporación de ignimbrita blanca influirá positivamente en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.	Mucilago de Tuna	Dosificación Optima	30%, 60% y 80%	Enfoque de Investigación: Cuantitativo
¿Cuál es la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la expansión del suelo?	Conocer la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la expansión del suelo.	la incorporación de ignimbrita blanca influirá positivamente en la expansión del suelo.	Variable Dependiente	Dimensiones	Indicadores	Tipo de Investigación: Aplicada
¿Cuál es la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la resistencia del suelo?	Determinar la influencia de la incorporación de ignimbrita blanca en la resistencia del suelo.	la incorporación de ignimbrita blanca influirá positivamente en la resistencia del suelo.	Estabilización de Suelos	Máxima Densidad Seca y Optimo Contenido de Humedad	Ensayo de Proctor modificado	Nivel de Investigación: Descriptivo-Explicativo
¿Cuál es la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo?	Evaluar la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.	la incorporación de mucilago de tuna influirá positivamente en la máxima densidad seca y optimo contenido de humedad del suelo.		Porcentaje de Expansión	Ensayo de CRB	
¿Cuál es la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la expansión del suelo?	Conocer la influencia de la incorporación de mucilago de tuna en la expansión del suelo.	la incorporación de mucilago de tuna influirá positivamente en la expansión del suelo.		Resistencia	Ensayo de CRB	Diseño de Investigación: Experimental - Cuasiexperimental
¿Cuál es la influencia de la incorporación del mucilago de tuna en la resistencia del suelo?	Determinar la influencia de la incorporación de mucilago de tuna en la resistencia del suelo.	la incorporación de mucilago de tuna influirá positivamente en la resistencia del suelo.				

Fuente: Elaboración propia.

II.) Formato de Análisis Granulométrico.

Autor:	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarquí a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Análisis Granulométrico
Norma:	ASTM D6913 / MTC - 204
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

Formato n°2 - ensayo de análisis granulométrico

peso de la muestra seca		
peso del recipiente		
peso del recipiente + muestra seca		
peso de la muestra lavada y secada		
peso del recipiente + muestra lavada y secada		

tabla de registro - análisis granulométrico					
Tamiz (Pul)	Tamiz (mm)	material retenido	% de material retenido	% retenido acumulado	% material pasado
3"	75				
2 1/2"	62				
2"	50				
1 1/2"	37.5				
1"	25				
3/4"	19				
1/2"	12.5				
3/8"	9.5				
1/4"	6.3				
n° 4	4.75				
n°10	2				
n°20	0.85				
n°40	0.43				
n°60	0.25				
n°140	0.106				
n°200	0.075				
fondo	0				

fuelle: diseño propio


CARLOS DANILO MIRAYA ROSARIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187.


ING. HERNÁN L. OLAYA AVILEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 74734


LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 194542

III.) Formato de Limite Líquido y Plástico.

Autor:	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Limite Líquido
Norma:	ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

formato n° 5 - ensayo de limite liquido

tabla de registro - limite liquido							
	penetración (mm)	peso del recipiente (gr)	peso del material húmedo + recipiente (gr)	peso del líquido (gr)	peso del material seco (gr)	contenido de humedad (%)	LL
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

fuelle: diseño propio

Autor:	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Limite Plástico
Norma:	ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

formato n° 6 - ensayo de limite plástico

tabla de registro - limite plástico							
	peso del recipiente (gr)	peso del material húmedo + recipiente (gr)	peso del material seco + recipiente (gr)	peso del líquido (gr)	peso del material seco (gr)	contenido de humedad (%)	LP
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							

fuelle: diseño propio


CARLOS DANILO MIRAYA ROSARIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187


LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 194542



IV.) Formato de Proctor Modificado.

Autor:	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Compactación Proctor Modificado
Norma:	ASTM D1557 / MTC E - 115
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

formato n° 7 ensayo de compactación Proctor modificado

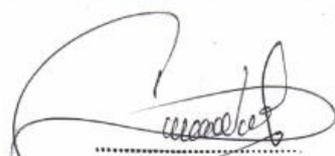
tabla de registro - ensayo de compactación Proctor modificado						
-	unidad	1	2	3	4	5
contenido de humedad						
peso del recipiente	gr					
peso del material húmedo + recipiente	gr					
peso del material seco + recipiente	gr					
peso del líquido	gr					
peso de material húmedo	gr					
peso del material seco	gr					
contenido de humedad	%					
peso específico						
peso del material húmedo	gr					
peso del recipiente	gr					
peso del material humeado + recipiente	gr					
volumen del recipiente	gr					
densidad húmeda	gr/cm ³					
peso específico seco						
densidad seca	gr/cm ³					
optimo contenido de humedad						
máxima densidad seca						

fuente: diseño propio



ING. HERNÁN L. OLAYA AVILEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 74734


CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187


LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP N° 194542

V.) Formato de Ensayo CBR Compactación.

Autor:	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Relación de Soporte California "Expansión"
Norma:	ASTM D1882 / MTC E - 132
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

formato n°8.1 - ensayo CBR					
tabla de registro - ensayos CBR "compactación"					
prueba	unidad	1	2	3	4
n° de capa					
golpes por cada n° de capa					
peso del material húmedo	gr				
peso del recipiente	gr				
peso del recipiente + material húmedo	gr				
volumen del recipiente	cm3				
peso volumétrico húmedo	gr/cm3				
contenido de líquido W(%)	%				
peso volumétrico seco	gr/cm3				

fuelle: diseño propio

LUIS ALBERTO MARGAS CHACALTANA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 194542

CARLOS DAMILO MINAYA ROSARIO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

ING. HERNAN L. OLAYA AVILEZ
INGENIERO CIVIL
CIP. 74734

VI.) Formato de Ensayo CBR Expansión.

Autor:	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Relación de Soporte California "Penetración"
Norma:	ASTM D1882 / MTC E - 132
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

formato n°8.2 - ensayo CBR

tabla de registro - ensayos CBR "expansión"					
molde n°1		molde n°2		molde n°3	
lectura inicial	lectura final	lectura inicial	lectura final	lectura inicial	lectura final

fuelle: diseño propio

LUIS ALBERTO VARGAS CHACALTANA
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 194542



ING. HERMAN L. OLAYA AVILEZ
INGENIERO CIVIL
CIP: 74734

CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO
INGENIERO CIVIL
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

VII.) Formato de Ensayo CBR Penetración.

Autor:	Castro Ramirez, Clint Ray
Tesis:	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafrañal, Región Arequipa, 2019
Ensayo:	Relación de Soporte California "Compactación"
Norma:	ASTM D1882 / MTC E - 132
Fecha:	
Ubicación:	Lima-Perú

formato n°8.3 - ensayo CBR

tabla de registro - ensayos CBR "penetración"										
penetración	molde n°1 (56 golpes)			molde n°1 (56 golpes)			molde n°1 (56 golpes)			
	pulg	kg	lbs	lbs/pulg2	kg	lbs	lbs/pulg2	kg	lbs	lbs/pulg2
0.025										
0.050										
0.075										
0.100										
0.200										
0.250										
0.300										
0.400										
0.500										

fuelle: diseño propio

.....
ENRIQUE ALBERTO VARGAS CHACALTANA
 INGENIERO CIVIL
 Reg.-CIP N° 194542

CARLOS DANILO MINAYA ROSARIO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. del Colegio de Ingenieros N° 50187

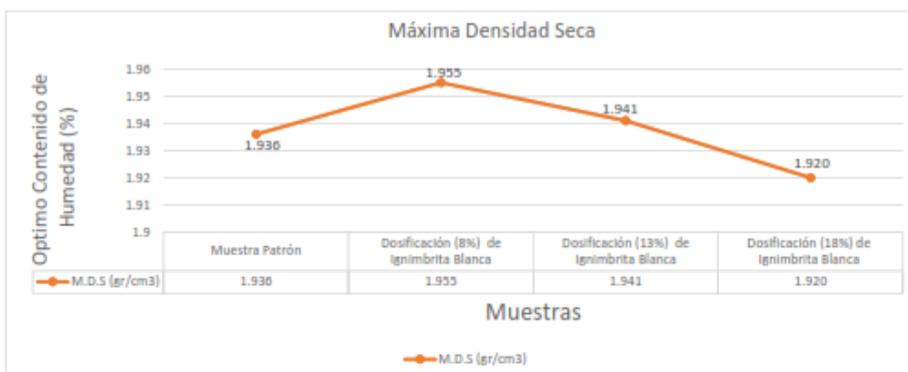
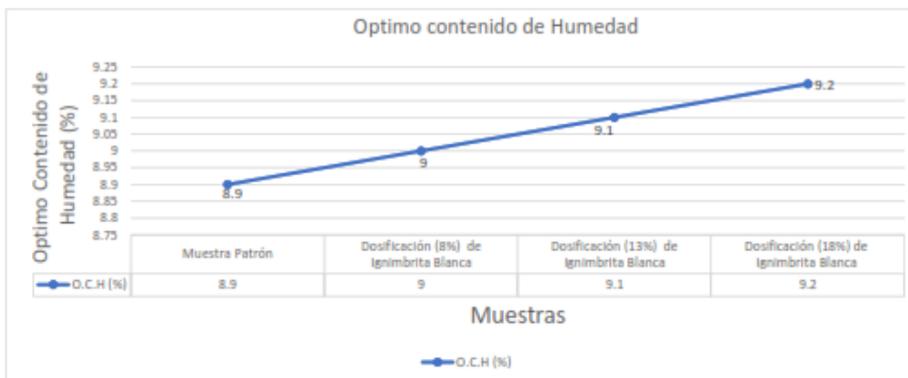
ING. HERNAN L. OLAYA AVILEZ
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 74734

Anexo 5. Hoja de Cálculos.

I.) Hoja de Cálculo del Ensayo Proctor Modificado de las Muestras (Patrón + Dosificaciones de Ignimbrita Blanca)

Ensayo de Compactación Proctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca)	
Autor :	Castro Ramirez, Clint Ray
Tesis :	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo :	Ensayo de Compactación Proctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca)
Norma :	ASTM D1557 / MTC - 115
Fecha :	08/11/2020
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Ignimbrita Blanca
Dosificaciones :	8% , 13% y 18%

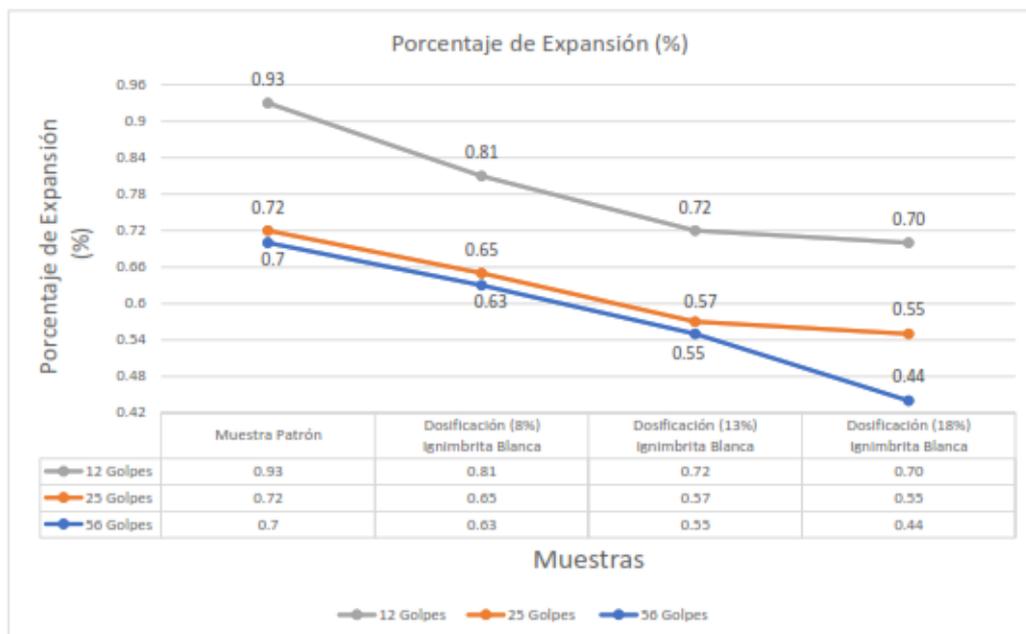
Muestra		Óptimo Contenido de Humedad (%)	Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm ³)
Muestra Patrón	Muestra A	8.9	1.936
Dosificación (8%) de Ignimbrita Blanca	Muestra B	9	1.955
Dosificación (13%) de Ignimbrita Blanca	Muestra C	9.1	1.941
Dosificación (18%) de Ignimbrita Blanca	Muestra D	9.2	1.920



II.) Hoja de Cálculo del Ensayo CBR - Expansión (Patrón + Dosificaciones Ignimbrita Blanca)

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Porcentaje de Expansión)	
Autor :	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis :	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo :	Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Porcentaje de Expansión)
Norma :	ASTM D1883 / MTC - 132
Fecha :	08/11/2020
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Ignimbrita Blanca
Dosificaciones :	8%, 13% y 18%

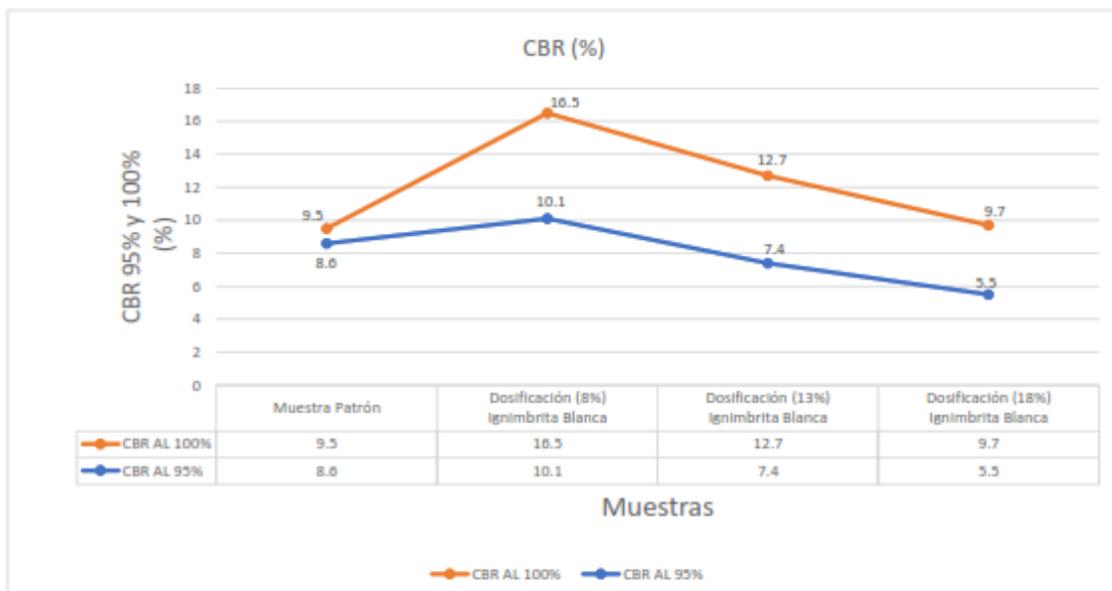
Muestra		Porcentaje de Expansión (%)								
		mm.	56 Golpes		mm.	25 Golpes		mm.	12 Golpes	
Muestra Patrón	Muestra A	0.81	0.7	%	0.84	0.72	%	1.07	0.93	%
Dosificación (8%) Ignimbrita Blanca	Muestra B	0.74	0.63	%	0.76	0.65	%	0.94	0.81	%
Dosificación (13%) Ignimbrita Blanca	Muestra C	0.64	0.55	%	0.66	0.57	%	0.84	0.72	%
Dosificación (18%) Ignimbrita Blanca	Muestra D	0.51	0.44	%	0.64	0.55	%	0.81	0.70	%



III.) Hoja de Cálculo del Ensayo CBR - Resistencia (Patrón + Dosificaciones Ignimbrita Blanca)

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Resistencia)	
Autor :	Castro Ramirez, Clint Ray
Tesis :	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo :	Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Resistencia)
Norma :	ASTM D1883 / MTC - 132
Fecha :	08/11/2020
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Ignimbrita Blanca
Dosificaciones :	8%, 13% y 18%

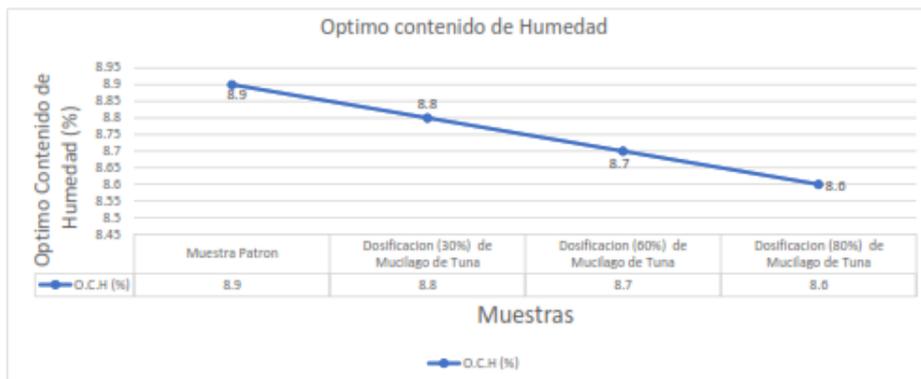
Muestra		CBR			
		CBR AL 95%		CBR AL 100%	
Muestra Patrón	Muestra A	8.6	%	9.5	%
Dosificación (8%) Ignimbrita Blanca	Muestra B	10.1	%	16.5	%
Dosificación (13%) Ignimbrita Blanca	Muestra C	7.4	%	12.7	%
Dosificación (18%) Ignimbrita Blanca	Muestra D	5.5	%	9.7	%



IV.) Hoja de Cálculo del Ensayo Proctor Modificado de las Muestras (Patrón + Mucilago de Tuna)

Ensayo de Compactación Proctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca)	
Autor :	Castro Ramirez, Clint Ray
Tesis :	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo :	Ensayo de Compactación Proctor Modificado (Óptimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca)
Norma :	ASTM D1557 / MTC - 115
Fecha :	08/11/2020
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Mucilago de Tuna
Dosificaciones :	30% , 60% y 80%

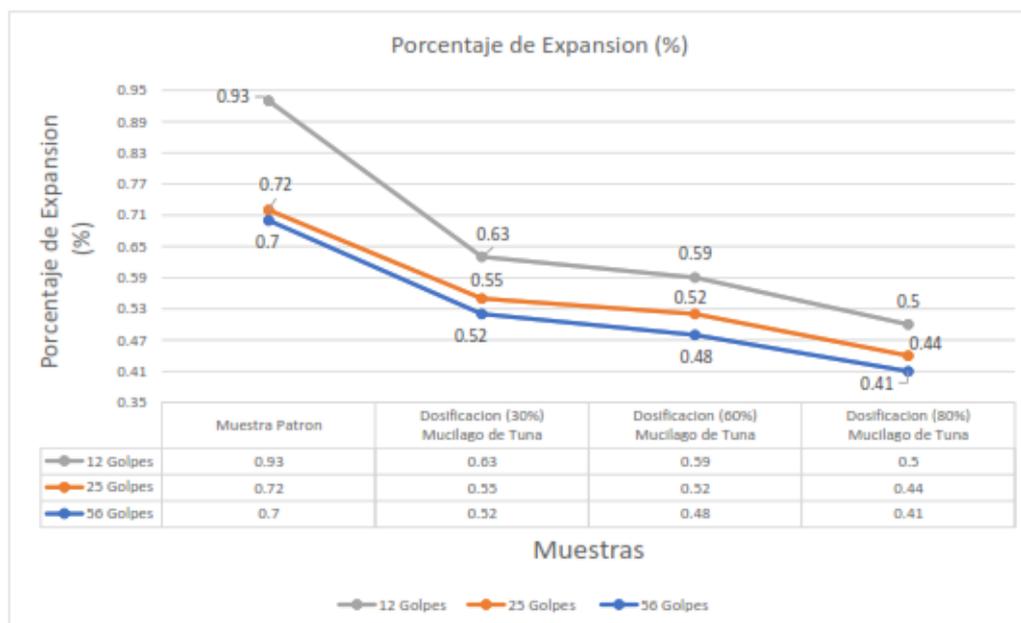
Muestra		Óptimo Contenido de Humedad (%)	Maxima Densidad Seca (gr/cm ³)
		O.C.H (%)	M.D.S (gr/cm ³)
Muestra Patron	Muestra A	8.9	1.936
Dosificación (30%) de Mucilago de Tuna	Muestra B	8.8	1.982
Dosificación (60%) de Mucilago de Tuna	Muestra C	8.7	2.052
Dosificación (80%) de Mucilago de Tuna	Muestra D	8.6	2.028



V.) Hoja de Cálculo del Ensayo CBR - Expansión (Patrón + Dosificaciones Mucilago de Tuna)

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Porcentaje de Expansión)	
Autor :	Castro Ramírez, Clint Ray
Tesis :	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo :	Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Porcentaje de Expansión)
Norma :	ASTM D1883 / MTC - 132
Fecha :	08/11/2020
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Mucilago de Tuna
Dosificaciones :	30% , 60% y 80%

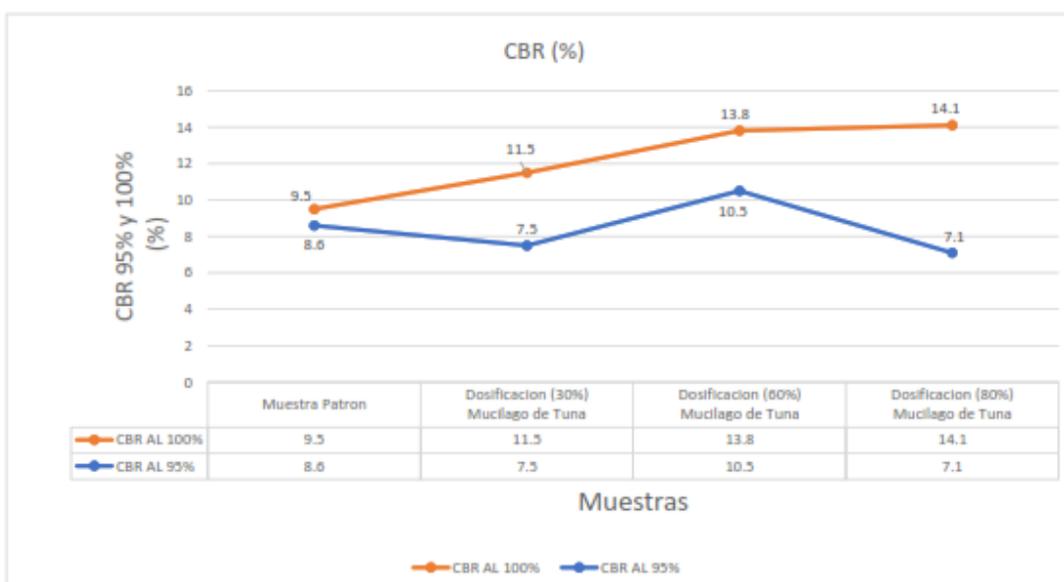
Muestra		Porcentaje de Expansión (%)					
		56 Golpes		25 Golpes		12 Golpes	
Muestra Patron	Muestra A	mm.	%	mm.	%	mm.	%
Dosificación (30%) Mucilago de Tuna	Muestra B	0.61	0.52	0.64	0.55	0.74	0.63
Dosificación (60%) Mucilago de Tuna	Muestra C	0.56	0.48	0.61	0.52	0.69	0.59
Dosificación (80%) Mucilago de Tuna	Muestra D	0.48	0.41	0.51	0.44	0.58	0.5



VI.) Hoja de Cálculo del Ensayo CBR - Resistencia (Patrón + Dosificaciones Mucilago de Tuna)

Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Resistencia)	
Autor :	Castro Ramirez, Clint Ray
Tesis :	Estabilización de suelos incorporando Ignimbrita Blanca y Mucilago de Tuna en el Acceso Huancarqui a la Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
Ensayo :	Ensayo de Relación de Soporte de California (CBR - Resistencia)
Norma :	ASTM D1883 / MTC - 132
Fecha :	08/11/2020
Ubicación :	Lima-Perú
Calicata :	C-01
Muestra(s) :	4 - (Muestra A (Patrón), Muestra B, Muestra C, Muestra D).
Aditivo/ Material :	Mucilago de Tuna
Dosificaciones :	30% , 60% y 80%

Muestra		CBR			
		CBR AL 95%		CBR AL 100%	
Muestra Patron	Muestra A	8.6	%	9.5	%
Dosificación (30%) Mucilago de Tuna	Muestra B	7.5	%	11.5	%
Dosificación (60%) Mucilago de Tuna	Muestra C	10.5	%	13.8	%
Dosificación (80%) Mucilago de Tuna	Muestra D	7.1	%	14.1	%



Anexo 6. Panel Fotográfico.



Fotografía 1. Acceso Huancarqui en dirección hacia la mina Zafranal.



Fotografía 2. Acceso Huancarqui en dirección hacia el distrito de Huancarqui.



Fotografía 3. Demarcación de la zona de exploración.



Fotografía 4. Inicio del retiro de la primera capa de superficial.



Fotografía 5. Fin del retiro de la primera capa superficial.



Fotografía 6. Exploración a 0.15m.



Fotografía 7. Exploración a 0.40m.



Fotografía 8. Exploración a 0.50m.



Fotografía 9. Exploración a 0.80m.



Fotografía 10. Exploración a 1.50m



Fotografía 11. Estudiante Castro Ramírez en la Exploración C-01.



Fotografía 12. Calicata en el acceso Huancarqui- Km 1+250.



Fotografía 13. Material extraído de la exploración C-01.



Fotografía 14. Estudiante Castro Ramírez en la Exploración C-02.



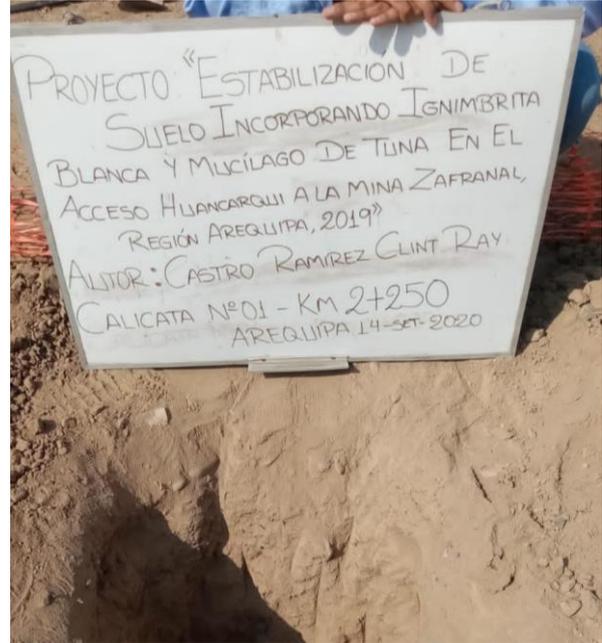
Fotografía 15. Calicata en el acceso Huancarqui- Km 1+750.



Fotografía 16. Material extraído de la exploración C-02.



Fotografía 17. Estudiante Castro Ramírez en la Exploración C-03



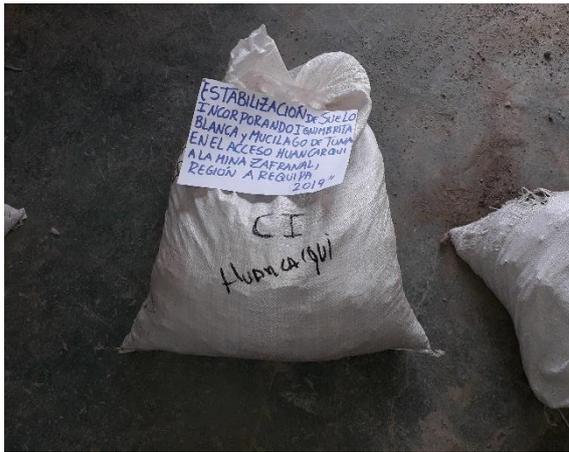
Fotografía 18. Calicata en el acceso Huancarqui- Km 2+250.



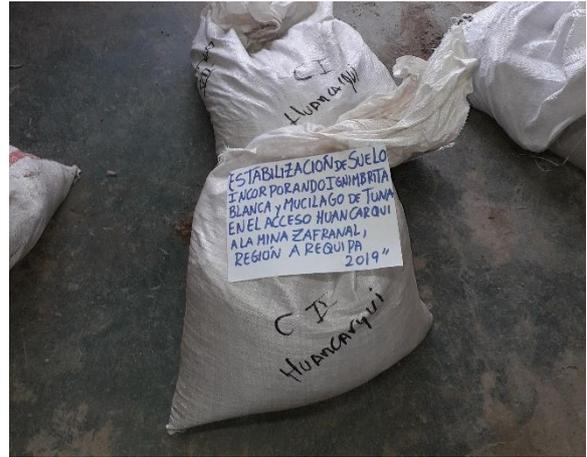
Fotografía 19. Material extraído de la exploración C-03.



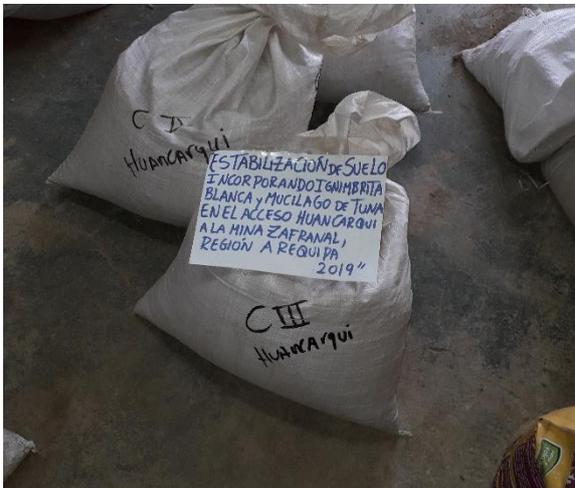
Fotografía 20. Traslado del material C-01, C-02 Y C-03.



36 Fotografía 21. Material (suelo) C-01.



Fotografía 22. Material (suelo) C-02.



Fotografía 23. Material (suelo) C-03.



Fotografía 24. Toma de muestras para los ensayos de clasificación.



Fotografía 25. Instrumentos para la clasificación granulométrica.



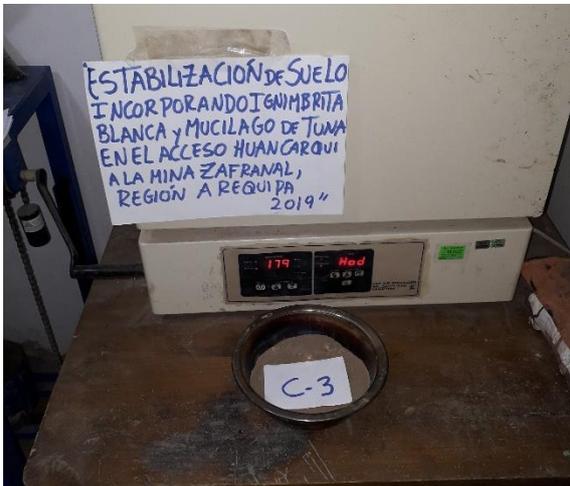
Fotografía 26. Muestras C-01 Y C-02.



Fotografía 27. Muestra C-03.



Fotografía 28. Muestras C-01 Y C-02 y Horno.



Fotografía 29. Muestras C-03 y Horno.



Fotografía 30. Ensayo Limite Liquido C-01.



Fotografía 31. Ensayo Limite Liquido C-02.



Fotografía 32. Ensayo Limite Liquido C-03.



Fotografía 33. Ensayo Limite Plástico C-01.



Fotografía 34. Ensayo Limite Plástico C-02.



Fotografía 35. Ensayo Limite Plástico C-03.



Fotografía 36. Muestras del ensayo Limite Plástico C-01.



Fotografía 37. Muestras del ensayo Limite Plástico C-02.



Fotografía 38. Muestras del ensayo Limite Plástico C-03.



Fotografía 39. Inicio ensayos Proctor Modificado C-01 Y C-02



Fotografía 40. Llenado del material al molde.



Fotografía 41. Compactado del molde a 5 capas 25 golpes.



Fotografía 42. Molde Proctor terminado.



Fotografía 43. Molde Proctor pesado.



Fotografía 44. Muestra del molde Proctor.



Fotografía 51. Mezcla de las muestras.



Fotografía 52. Mezcla de las muestras.



Fotografía 53. Muestra al finalizar la combinación de suelo y agua.



Fotografía 54. Armado del molde CBR.



Fotografía 55. Llenado del molde CBR.



Fotografía 56. Inicio de Compactación del molde CBR en 5 capas.



Fotografía 57. Compactación del molde CBR a 56 ,25 y 12 golpes.



Fotografía 58. Desarme del molde CBR.



Fotografía 59. Molde sin el collarín.



Fotografía 60. Razado del molde.



Fotografía 61. Molde al finalizar el razado.



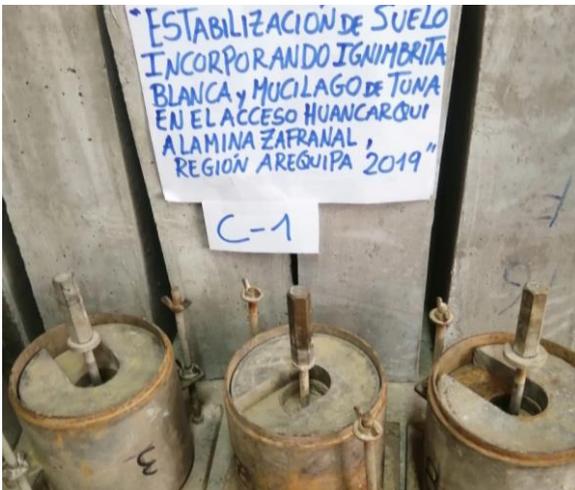
Fotografía 62. Molde finalizado.



Fotografía 63. Pesado del molde.



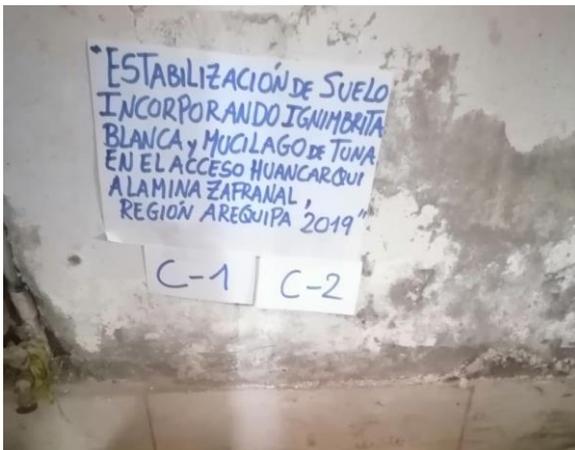
Fotografía 64. Molde con las pesas, listo sumergirse.



Fotografía 65. Moldes de CBR C-01 a 56,25 y 12 golpes.



Fotografía 66. Moldes de CBR C-02 a 56,25 y 12 golpes.



Fotografía 67. Título del proyecto.



Fotografía 68. Moldes sumergidos en la poza de saturación.



Fotografía 69. Deformímetro (trípode, y dial manómetro de expansión).



Fotografía 70. Lectura de la expansión de los moldes (4 días de medición).



Fotografía 71. Prensa de CBR.



Fotografía 72. Ensayo CBR de los moldes de la C-01.



Fotografía 73. Ensayo CBR de los moldes de la C-02.



Fotografía 74. Molde al finalizar el ensayo.



Fotografía 75. Ruta carretera Arequipa la joya, Cerro Colorado, km-300.



Fotografía 76. Acceso a la cantera señor de la caña, Arequipa.



Fotografía 77. Muro de ignimbrita blanca I.



Fotografía 78. Muro de ignimbrita blanca II.



Fotografía 79. Reconocimiento de la zona de recolección.



Fotografía 80. Cantero labrando la ignimbrita blanca.



Fotografía 81. Inicio de la recolección de ignimbrita blanca.



Fotografía 82. Trozado del material para su mejor transporte.



Fotografía 83. Recolección del material trozado.



Fotografía 84. Tamaño de la muestra para su transporte.



Fotografía 85. investigador Castro Ramírez y los canteros labradores.



Fotografía 86. Pesaje para el transporte del material (en la empresa).



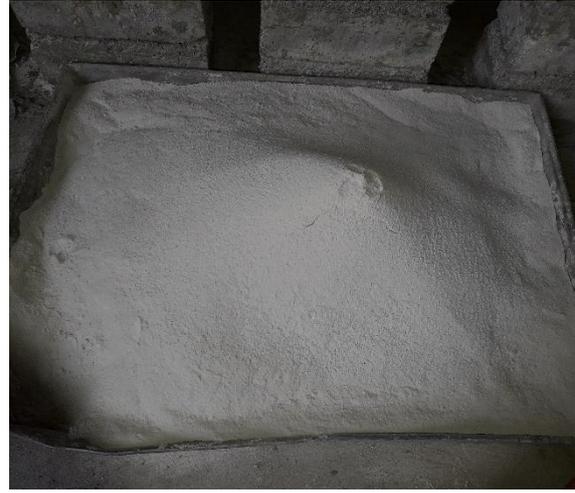
Fotografía 87. Pulverización de la ignimbrita blanca.



Fotografía 88. Uso del molde de CBR para pulverizar el material.



Fotografía 89. Ignimbrita blanca que no se logró pulverizar (separada).



Fotografía 90. Ignimbrita blanca pulverizada y tamizada.



Fotografía 91. Vista de las muestras tamizadas y no tamizadas.



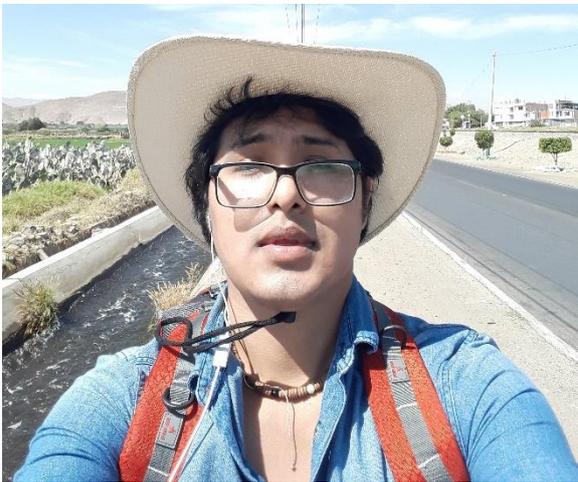
Fotografía 92. Llevado de la muestra al segundo laboratorio.



Fotografía 93. Ruta hacia las áreas de cultivo la tuna; Arequipa-la Joya.



Fotografía 94. Vista de las plantaciones de tuna.



Fotografía 95. Investigador Castro Ramírez, Arequipa - La joya.



Fotografía 96. Llegada del material (tuna) al laboratorio- Lima.



Fotografía 97. Desempacado del material (tuna).



Fotografía 98. Lavado del material (tuna).



Fotografía 99. Picado de las paletas de tuna.



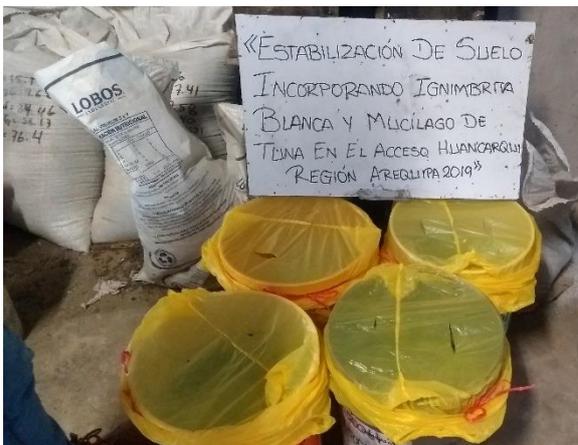
Fotografía 100. Vaciado de las muestras picada en los recipientes.



Fotografía 101. Mezcla de muestras relación 1:1 agua-tuna picada.



Fotografía 102. Muestras etiquetadas.



Fotografía 103. Muestras listas para su maceración por 18 días.



Fotografía 104. Vista de las muestras pasado 18 días.



Fotografía 105. Primer colado para retirar los trozos de tuna.



Fotografía 106. Vista del mucilago siendo colado.



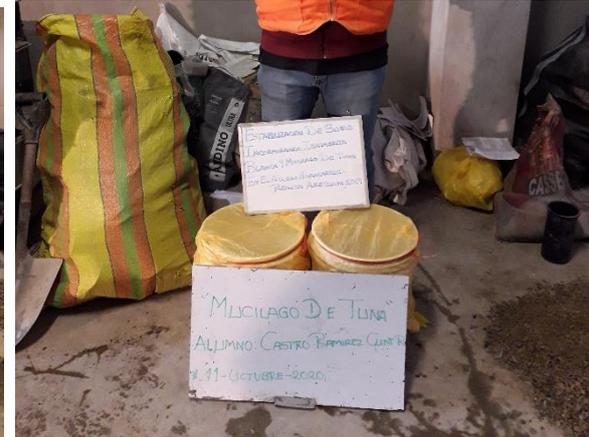
Fotografía 107. Segundo colado del mucilago para eliminar impurezas.



Fotografía 108. Muestras de mucilago puro.



Fotografía 109. Investigador Castro Ramírez al finalizar el colado



Fotografía 110. Muestras listas para los ensayos.



Fotografía 111. Muestra de suelo para el ensayo Proctor Modificado.



Fotografía 112. toma del % ignimbrita en función del peso suelo.



Fotografía 113. Mezcla de ambos materiales.



Fotografía 114. Incorporación de agua en diferentes porcentajes.



Fotografía 115. Mezcla de materiales (suelo, agua e ignimbrita blanca).



Fotografía 116. Vista de los materiales que se usaran en el ensayo Proctor M.



Fotografía 117. Separación de la muestra.



Fotografía 118. Llenado de la muestra en el molde de Proctor.



Fotografía 119. Compactado de la muestra 5 capas a 25 golpes.



Fotografía 120. Desarmado del molde Proctor.



Fotografía 121. Razado del molde Proctor.



Fotografía 122. Pesado del molde Proctor a 8% de ignimbrita B.



Fotografía 123. Desarmado del molde Proctor.



Fotografía 124. Proceso de extracción de muestra del molde.



Fotografía 125. Muestra suelo + % ignimbrita blanca.



Fotografía 126. Pesado de la muestra extraída del molde.



Fotografía 127. Pesado de la muestra tras su secado en el horno.



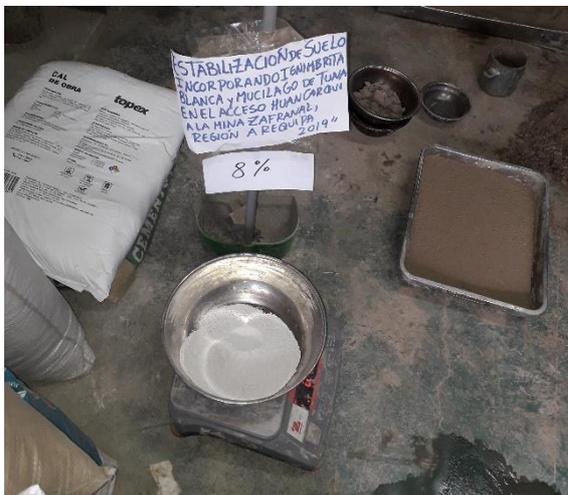
Fotografía 128. Comparación de una muestra húmeda y una muestra seca.



Fotografía 129. Toma de muestra (suelo) para el ensayo CBR.



Fotografía 130. Pesado de la muestra 6 kg.



Fotografía 131. toma del % ignimbrita en función del peso suelo.



Fotografía 132. Combinación de ambos materiales.



Fotografía 133. Mezcla de ambos materiales.



Fotografía 134. Incorporación de agua según su O.C.H.



Fotografía 135. Llenado del molde CBR con la muestra.



Fotografía 136. Compactado del molde CBR en 5 capas 56, 25 y 12 G.



Fotografía 137. Desarmado del molde CBR.



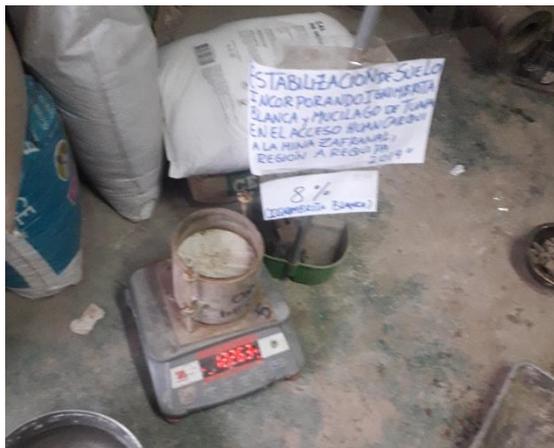
Fotografía 138. Razado del molde CBR.



Fotografía 139. Molde de CBR al finalizar el razado.



Fotografía 140. Molde CBR terminado.



Fotografía 141. Pesado del molde de CBR.



Fotografía 142. Moldes de CBR a 8% de dosifi. De ignimbrita blanca.



Fotografía 143. Moldes de CBR a 13% de dosifi. De ignimbrita blanca.



Fotografía 144. Moldes de CBR a 18% de dosifi. De ignimbrita blanca.



Fotografía 145. Moldes de CBR 8% sumergidos en la poza de saturación.



Fotografía 146. Moldes de CBR 13% sumergidos en la poza de saturación.



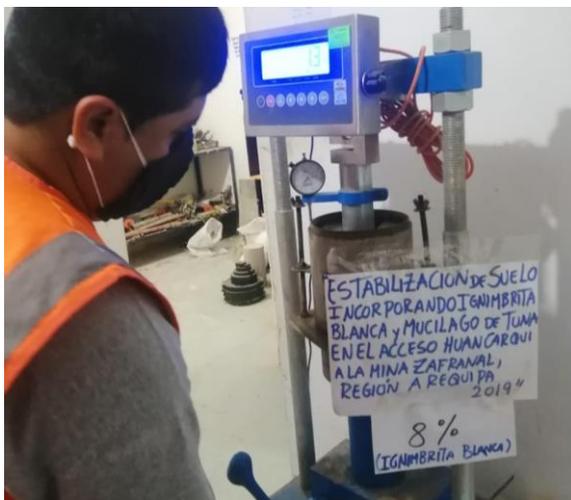
Fotografía 147. Moldes de CBR 18% sumergidos en la poza de saturación.



Fotografía 148. Lectura de la expansión de los moldes (4 días de medición).



Fotografía 149. Moldes y Prensa de CBR listo para su ensayo.



Fotografía 150. Ensayo de los moldes de CBR de 8% de ignimbrita B.



Fotografía 151. Ensayo de los moldes de CBR de 13% de ignimbrita B.



Fotografía 152. Ensayo de los moldes de CBR de 18% de ignimbrita B.



Fotografía 153. Pesado de la muestra de suelo para en ensayo Proctor M.



Fotografía 154. Pesado del mucilago en función (reemplazo) del agua.



Fotografía 155. Incorporación del mucilago de tuna en el suelo.



Fotografía 156. Pesado del agua en función en diferentes %.



Fotografía 157. Mezcla de los materiales (suelo, agua y mucilago).



Fotografía 158. Vista de los materiales que se usaran en el ensayo Proctor M.



Fotografía 159. Llenado del molde Proctor con la muestra.



Fotografía 160. Compactado de muestra en 5 capas.



Fotografía 161. Compactado de la muestra a 25 golpes.



Fotografía 162. Desarmado del molde Proctor.



Fotografía 163. Razado del molde Proctor.



Fotografía 164. Pesado del molde Proctor.



Fotografía 165. Vista superior del molde.



Fotografía 166. Extracción de muestra del molde Proctor.



Fotografía 167. Vista de la muestra Proctor.



Fotografía 168. Toma de la muestra.



Fotografía 169. Pesado de la muestra antes de entrar al horno.



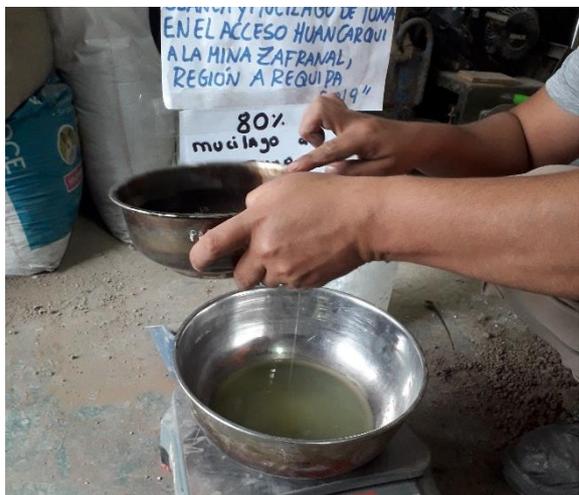
Fotografía 170. Muestra seca tras estar en el horno



Fotografía 171. Toma de la muestra para el ensayo CBR.



Fotografía 172. Pesado de la muestra para el ensayo CBR.



Fotografía 173. Pesado del mucilago en función del agua y su O.C.H.



Fotografía 174. Incorporación del agua en función de su O.C.H.



Fotografía 175. Vista superior donde se visualiza el mucilago y el agua.



Fotografía 176. Mezcla de los materiales (suelo, agua y mucilago)



Fotografía 177. Llenado de la muestra en el molde CBR.



Fotografía 178. Compactado de la muestra en el molde CBR.



Fotografía 179. Desarmado del molde CBR.



Fotografía 180. Razado del molde CBR.



Fotografía 181. Limpieza del molde de CBR.



Fotografía 182. Molde de CBR terminado.



Fotografía 183. Pesado del molde CBR.



Fotografía 184. Moldes de CBR a 30% de dosifi. De Mucilago de tuna.



Fotografía 185. Moldes de CBR a 60% de dosifi. De Mucilago de tuna



Fotografía 186. Moldes de CBR a 80% de dosifi. De Mucilago de tuna



Fotografía 187. Título de la investigación y dosificaciones.



Fotografía 188. Sumergida de molde CBR en la poza de saturación.



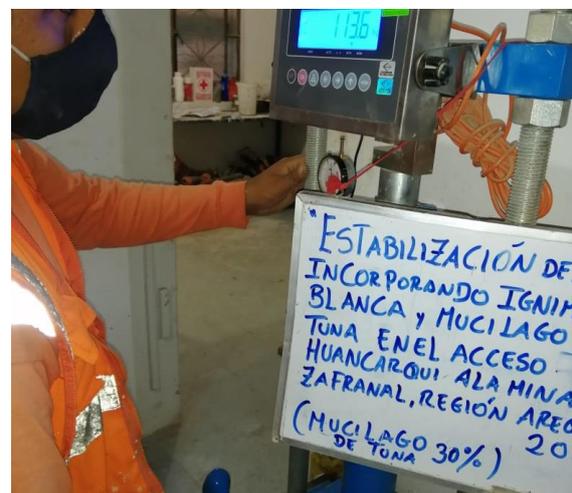
Fotografía 189. Investigador junto al título de investigación.



Fotografía 190. Lectura - expansión mediante el uso del Deformímetro.



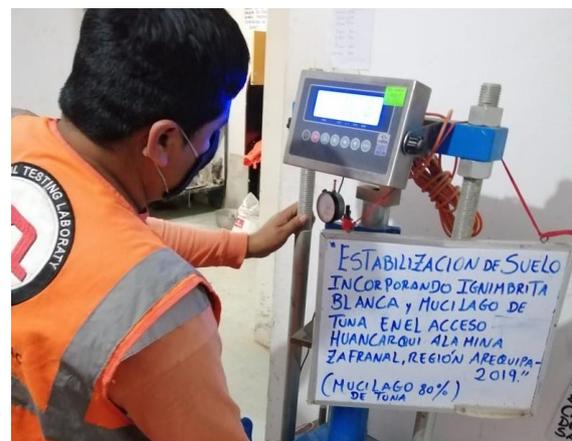
Fotografía 191. Investigador Castro Ramírez, junto a la prensa de CBR.



Fotografía 192. Ensayo de los moldes de CBR de 30% de Mucilago de T.



Fotografía 193. Ensayo de los moldes de CBR de 60% de Mucilago de T.



Fotografía 194. Ensayo de los moldes de CBR de 80% de Mucilago de T.

Anexo 7. Certificados - Ensayos de laboratorio.

A-I.) Certificado de ensayo de Clasificación de Suelos. (Calicata I)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

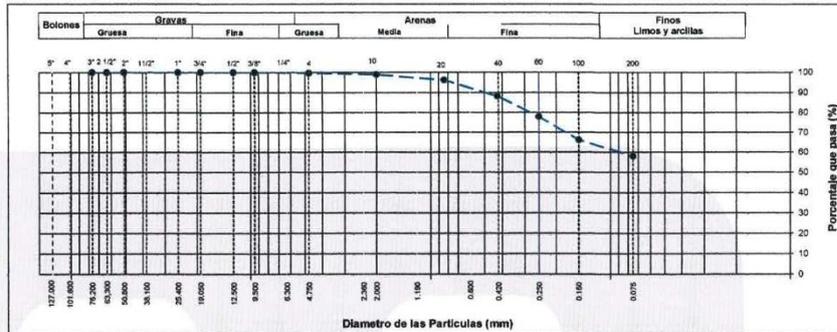
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucllago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafrenal, Región Arequipa, 2019
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 25/09/2020
CALICATA	: C-1
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 1.50 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 15.2 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 32 Límite Plástico (LP) 23 Índice Plástico (IP) 9 Grava (%) 0.4 Arena (%) 41.5 Finos (%) 58.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) CL Clasificación AASHTO (D3282) A-4 (5) Nombre del Grupo Arcilla arenosa de baja plasticidad INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.500	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	100.0		
3/8"	9.500	100.0		
Nº 4	4.750	99.6		
Nº 10	2.000	98.9		
Nº 20	0.840	96.3		
Nº 40	0.425	88.3		
Nº 60	0.250	77.9		
Nº 80	0.177	77.9		
Nº 100	0.150	66.3		
Nº 200	0.075	58.1		
< Nº 200	FONDO			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

A-II.) Certificado de ensayo Limites de Consistencia. (Calicata I)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	Fecha de ensayo:	25/09/2020
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muclago De Tuna En El Acceso Huancaqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1		
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
		1	2	3	1	2	
Nro. de Recipiente							
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	31.12	30.84	30.57	23.12	23.28	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	26.87	27.03	26.76	21.56	21.72	
Peso de Recipiente (C)	gr.	14.81	15.26	14.41	14.75	14.86	
Peso del Agua (A-B)	gr.	4.25	3.81	3.81	1.56	1.56	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	12.06	11.75	12.35	6.81	6.86	
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	35.21	32.43	30.88	22.89	22.78	
N° De Golpes		17	23	28			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	31.8	22.8	9.0



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

A-III.) Certificado de ensayo de Clasificación de Suelos. (Calicata II)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnias

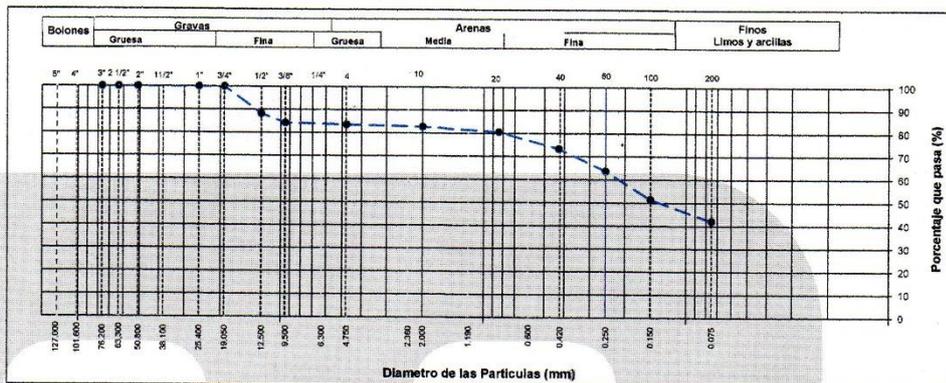
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio
SOLICITANTE	: Castro Ramírez, Clint Ray
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui : A La Mina Zafrañal, Región Arequipa, 2019
UBICACIÓN	: Lima Fecha de ensayo: 25/09/2020
CALICATA	: C-2
MUESTRA	: M-1
PROFUNDIDAD	: 1.50 m

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 12.6 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 32 Límite Plástico (LP) 17 Índice Plástico (IP) 15 Grava (%) 16.5 Arena (%) 41.4 Finos (%) 42.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SC Clasificación AASHTO (D3282) A-6 (3) Nombre del Grupo: Arena arcillosa con grava INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	88.2		
3/8"	9.500	84.2		
Nº 4	4.750	83.5		
Nº 10	2.000	82.7		
Nº 20	0.840	80.6		
Nº 40	0.425	73.3		
Nº 60	0.250	63.7		
Nº 80	0.177	63.7		
Nº 100	0.150	51.5		
Nº 200	0.075	42.1		
< Nº 200	FONDO			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	---	---

B-I.) Certificado de ensayo Limites de Consistencia. (Calicata II)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

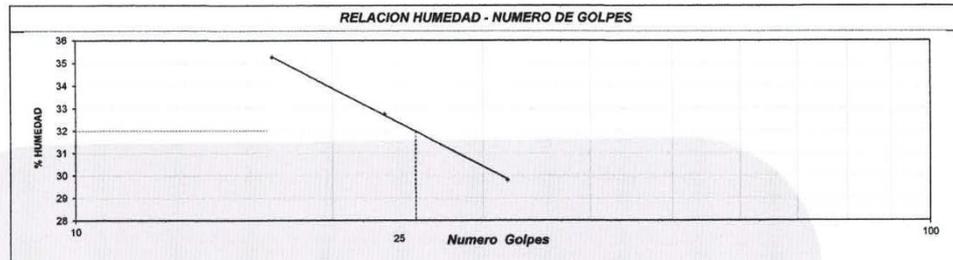
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	Fecha de ensayo:	25/09/2020
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-2		
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40			LIMITE LIQUIDO		LIMITE PLASTICO	
		1	2	3	1	2		
Nro. de Recipiente								
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	30.92	31.05	31.02	22.95	23.12		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	26.78	27.06	27.27	21.64	21.72		
Peso de Recipiente (C)	gr.	14.98	14.87	14.69	13.91	13.58		
Peso del Agua (A-B)	gr.	4.16	3.99	3.75	1.31	1.40		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	11.80	12.19	12.58	7.73	8.14		
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	35.25	32.73	29.81	16.95	17.23		
N° De Golpes		17	23	32				

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	32.0	17.1	14.9



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

B-II.) Certificado de ensayo de Clasificación de Suelos. (Calicata III)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnias

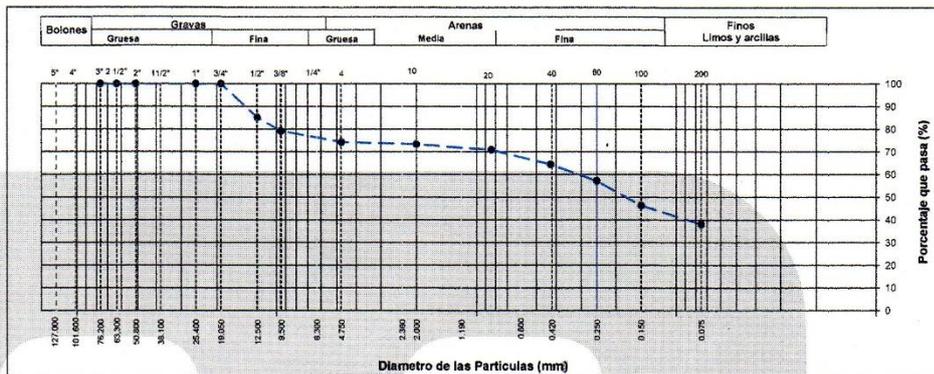
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CLASIFICACIÓN DE SUELOS	Código	FOR-LAB-MS-001
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	Fecha de ensayo:	25/09/2020
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muoílago De Tuna En El Acceso Huancarqui		
	: A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-3		
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN BASE GRADACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 13.6 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) 33 Limite Plástico (LP) 17 Índice Plástico (IP) 16 Grava (%) 25.8 Arena (%) 35.1 Finos (%) 38.1 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) SC Clasificación AASHTO (D3282) A-6 (2) Nombre del Grupo Arena arcillosa con grava INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	85.1		
3/8"	9.500	79.1		
Nº 4	4.750	74.2		
Nº 10	2.000	73.2		
Nº 20	0.840	70.9		
Nº 40	0.425	64.5		
Nº 60	0.250	57.2		
Nº 80	0.177	57.2		
Nº 100	0.150	46.5		
Nº 200	0.075	38.1		
< Nº 200	FONDO			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elinis Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210504	Aprobado por: MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

B-III.). Certificado de ensayo Limites de Consistencia (Calicata III)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

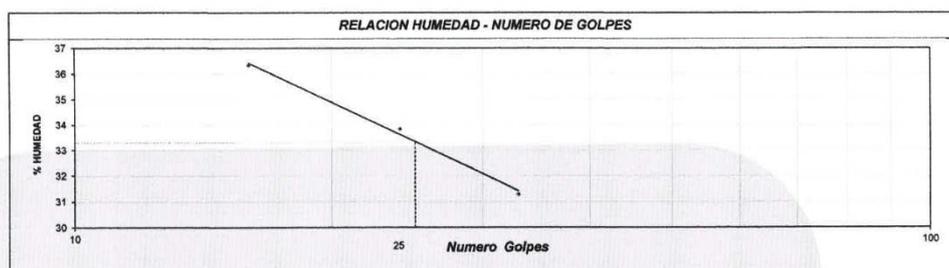
www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

REFERENCIA	: Ensayo en laboratorio	Fecha de ensayo:	15/08/2020
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-3		
MUESTRA	: M-1		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		1	2	3	1	2	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	31.69	31.08	31.05	23.39	23.41	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	27.16	27.02	27.19	22.15	22.12	
Peso de Recipiente (C)	gr.	14.69	15.02	14.85	14.92	14.74	
Peso del Agua (A-B)	gr.	4.53	4.06	3.86	1.24	1.29	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	12.47	12.00	12.34	7.23	7.38	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	36.33	33.83	31.28	17.15	17.48	
N° De Golpes		16	24	33			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	33.3	17.3	



OBSERVACIONES:

- Muestra provista e identificada por el solicitante.
- El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

C-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

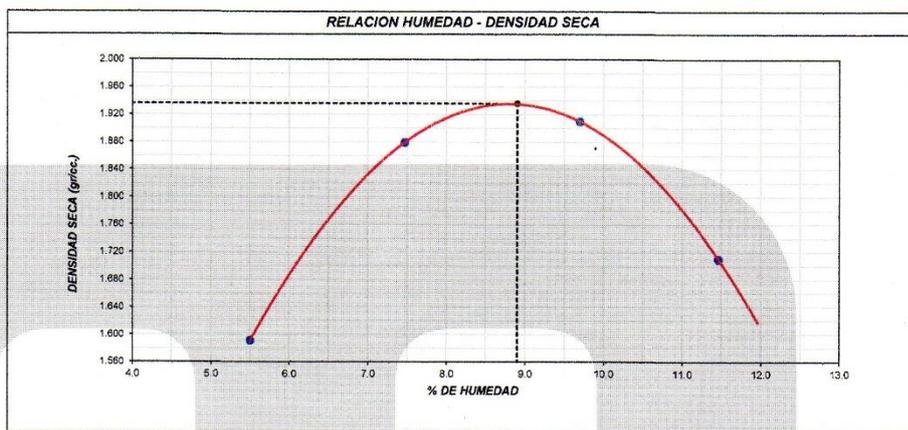
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray
TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucllago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
UBICACIÓN : Lima
CALICATA : C-1 **Fecha de ensayo:** 29/09/2020
MUESTRA : PATRÓN
PROFUNDIDAD : 1.50 m

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,399	5,718	5,789	5,612	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,573	1,892	1,963	1,786	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,679	2,019	2,095	1,906	
Recipiente Numero		1	8	6	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	685.2	596.3	602.5	608.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	655.2	562.2	558.2	556.2	
Peso de la Tara	gr.	110.2	105.6	101.4	100.9	
Peso del agua	gr.	30.0	34.1	44.3	52.2	
Peso del suelo seco	gr.	545	457	457	455	
Contenido de agua	%	5.5	7.5	9.7	11.5	
Densidad Seca	gr/cc	1.591	1.879	1.910	1.710	

Densidad Máxima Seca:	1.936	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	8.9	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 219906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

C-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.i

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019 UBICACIÓN : Lima CALICATA : C-1 Fecha de ensayo : 3-10-2020 MUESTRA : PATRÓN PROFUNDIDAD : 1.50 m			

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	K		10		22	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,284		11,528		11,878	
Peso molde (gr.)	7,774		7,277		8,165	
Peso suelo compactado (gr.)	4,510		4,251		3,711	
Volumen del molde (cm ³)	2,141		2,127		2,067	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2.106		1.999		1.795	
Humedad (%)	8.9		9.1		9.0	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1.934		1.832		1.647	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	651.9	693.2	702.1
Tara+suelo seco (gr.)	598.6	635.4	644.2
Peso de agua (gr.)	53.3	57.8	57.9
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	598.6	635.4	644.2
Humedad (%)	8.9	9.1	9.0

EXPANSIÓN										
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión		Expansión		Expansión		Expansión	
			Dial	mm %	Dial	mm %	Dial	mm %		
29-Set	08:35:00	24	18	0.46 0.39	20	0.51 0.44	24	0.61 0.53		
30-Set	08:35:00	48	23	0.58 0.50	27	0.69 0.59	35	0.89 0.78		
1-Oct	08:35:00	72	29	0.74 0.63	32	0.81 0.70	39	0.99 0.87		
2-Oct	08:35:00	96	32	0.81 0.70	33	0.84 0.72	42	1.07 0.93		

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	K				Molde N° 10				Molde N° 22			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección				
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		39	2.0			17	0.9			9	0.5		
0.050		75	3.8			51	2.6			16	0.8		
0.075		102	5.2			75	3.8			24	1.2		
0.100	70.307	121	6.1	6.7	9.5	92	4.7	4.7	6.7	29	1.5	1.4	2.0
0.150		176	8.9			121	6.1			36	1.8		
0.200	105.460	231	11.7	11.0	10.4	146	7.4	7.5	7.1	45	2.3	2.4	2.3
0.300		291	14.8			189	9.6			59	3.0		
0.400		351	17.8			220	11.2			65	3.3		
0.500		533	27.1			261	13.3			72	3.7		

OBSERVACIONES:
 • Muestra provista e identificada por el solicitante.
 • Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

C-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac

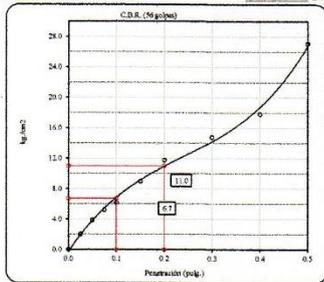
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramírez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muclilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo	: 3-10-2020
MUESTRA	: PATRÓN		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Datos de muestra

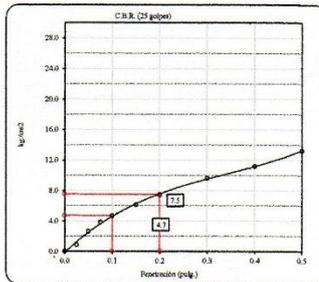
Máxima Densidad Seca : 1.936 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.839 gr./cm³

Óptimo Contenido de Humedad

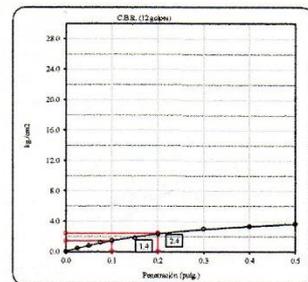
8.90 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 9.5 %

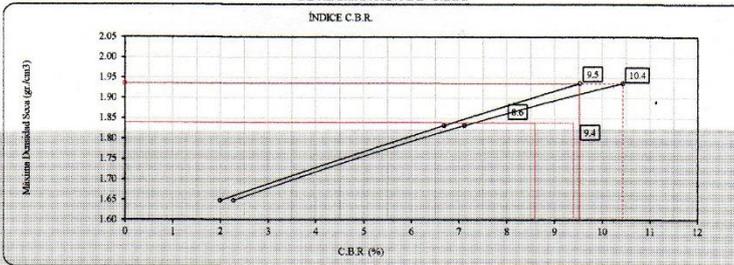


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 6.7 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 2.0 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 9.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 8.6 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 10.4 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 9.4 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concepto Asfalto Elmar Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

D-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata II)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.c

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

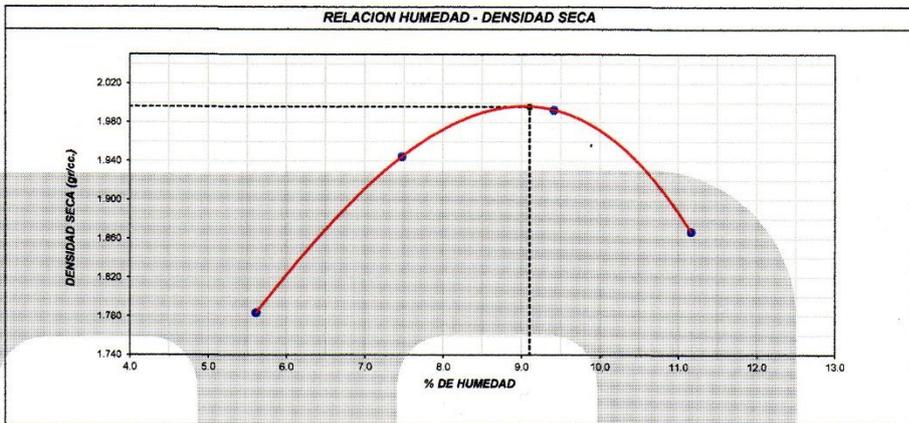
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafrañal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-2	Fecha de ensayo:	29/09/2020
MUESTRA	: PATRÓN		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,591	5,784	5,869	5,771	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,765	1,958	2,043	1,945	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,884	2,090	2,180	2,076	
Recipiente Numero		2	3	9	5	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	691.3	685.2	674.1	639.8	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	660.2	644.9	625.5	586.1	
Peso de la Tara	gr.	106.3	105.7	109.2	105.1	
Peso del agua	gr.	31.1	40.3	48.6	53.7	
Peso del suelo seco	gr.	554	539	516	481	
Contenido de agua	%	5.6	7.5	9.4	11.2	
Densidad Seca	gr/cc	1.784	1.944	1.993	1.867	

Densidad Máxima Seca:	1.996	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Optima:	9.1	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

D-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata II)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muclago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019 UBICACIÓN : Lima CALICATA : C-2 Fecha de ensayo : 3-10-2020 MUESTRA : PATRÓN PROFUNDIDAD : 1.50 m			

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	D				A				F				
Número de capas	5				5				5				
Número de golpes	56				25				12				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO SATURADO				
Peso suelo + molde (gr.)	12,873				12,852				11,915				
Peso molde (gr.)	8,251				8,547				7,774				
Peso suelo compactado (gr.)	4,622				4,305				4,141				
Volumen del molde (cm ³)	2,131				2,103				2,141				
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,169				2,047				1,934				
Humedad (%)	9.0				9.0				8.9				
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,990				1,879				1,776				
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	642.9				684.5				687.2				
Tara+suelo seco (gr.)	589.9				628.1				631.0				
Peso de agua (gr.)	53.0				56.4				56.2				
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	589.9				628.1				631.0				
Humedad (%)	9.0				9.0				8.9				
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
29-Set	08:35:00	24	17	0.43	0.37	21	0.53	0.46	23	0.58	0.50		
30-Set	08:35:00	48	24	0.61	0.52	28	0.71	0.61	33	0.84	0.72		
1-Oct	08:35:00	72	28	0.71	0.61	31	0.79	0.68	36	0.91	0.79		
2-Oct	08:35:00	96	31	0.79	0.68	31	0.79	0.68	37	0.94	0.81		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	D				A				F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0.025		61	3.1			35	1.8			15	0.8		
0.050		95	4.8			86	4.4			31	1.6		
0.075		136	6.9			101	5.1			59	3.0		
0.100	70.307	159	8.1	8.8	12.5	131	6.7	6.2	6.8	71	3.6	3.2	4.6
0.150		221	11.2			159	8.1			96	4.9		
0.200	105.460	284	14.4	13.5	12.8	196	10.0	10.1	9.6	112	5.7	5.2	4.9
0.300		342	17.4			257	13.1			126	6.4		
0.400		401	20.4			287	14.6			159	8.1		
0.500		658	33.4			359	18.2			205	10.4		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

 Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--------------------------------	--	---

D-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata II)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

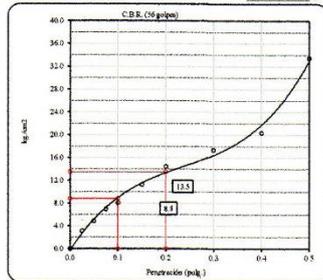
www.mtlgeotecniasac.c

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-2	Fecha de ensayo	: 3-10-2020
MUESTRA	: PATRÓN		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

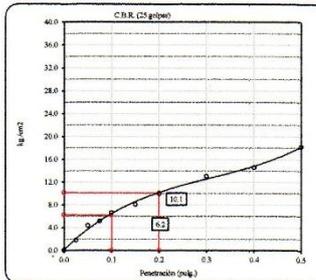
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 1.996 gr./cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.896 gr./cm³

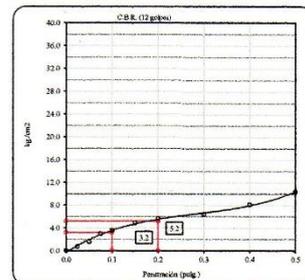
Óptimo Contenido de Humedad : 9.10 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 12.5 %

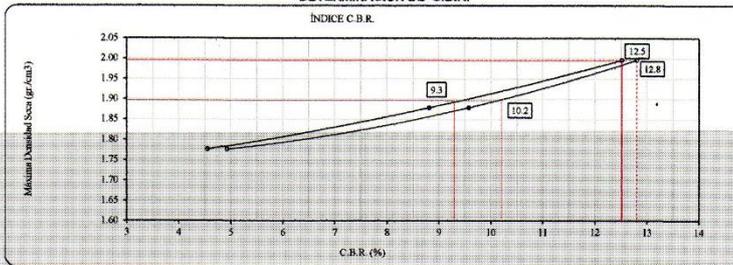


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 8.8 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 4.6 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 12.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 9.3 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 12.8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 10.2 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.S Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 210936 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

E-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I + 8% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

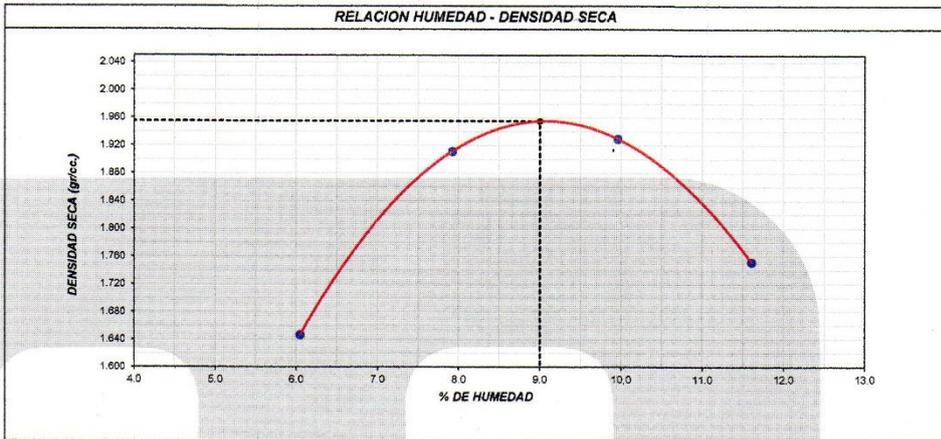
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucllago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo:	09/10/2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (8%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,462	5,759	5,814	5,658	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,636	1,933	1,988	1,832	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,746	2,063	2,122	1,955	
Recipiente Numero		A	F	D	I	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	693.2	705.9	725.8	675.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	660.5	665.7	674.8	617.0	
Peso de la Tara	gr.	119.8	158.4	162.8	115.8	
Peso del agua	gr.	32.7	40.2	51.0	58.2	
Peso del suelo seco	gr.	541	507	512	501	
Contenido de agua	%	6.0	7.9	10.0	11.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.646	1.911	1.929	1.752	

Densidad Máxima Seca:	1.955	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	9.0 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos, Concreto, Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

E-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I + 8% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019 UBICACIÓN : Lima CALICATA : C-1 Fecha de ensayo : 12-10-2020 MUESTRA : IGNIMBRITA (8%) PROFUNDIDAD : 1.50 m			

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde Nº	A			B			C						
Número de capas	5			5			5						
Número de golpes	56			25			12						
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO		NO SATURADO	SATURADO					
Peso suelo + molde (gr.)	12,283			13,082			12,859						
Peso molde (gr.)	7,780			8,897			8,897						
Peso suelo compactado (gr.)	4,483			4,185			3,962						
Volumen del molde (cm ³)	2,103			2,085			2,085						
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,132			2,007			1,900						
Humedad (%)	8.9			9.0			9.0						
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,957			1,842			1,743						
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	839.8			658.4			674.2						
Tara+suelo seco (gr.)	587.3			604.3			618.5						
Peso de agua (gr.)	252.5			54.1			55.7						
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	587.3			604.3			618.5						
Humedad (%)	8.9			9.0			9.0						
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial		Expansión		Dial		Expansión				
			mm	%	mm	%	mm	%					
9-Oct	09:40:00	24	16	0.41	0.35	18	0.46	0.39	20	0.51	0.44		
10-Oct	09:40:00	48	22	0.56	0.48	24	0.61	0.52	31	0.79	0.68		
11-Oct	09:40:00	72	24	0.61	0.52	30	0.76	0.65	34	0.86	0.74		
12-Oct	09:40:00	96	29	0.74	0.63	30	0.76	0.65	37	0.94	0.81		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	A				B				C			
		Carga kg	kg/cm ²	Corrección kg/cm ²	CBR %	Carga kg	kg/cm ²	Corrección kg/cm ²	CBR %	Carga kg	kg/cm ²	Corrección kg/cm ²	CBR %
0.025		36	1.8			18	0.9			11	0.5		
0.050		97	4.9			49	2.5			25	1.2		
0.075		178	9.0			91	4.6			41	2.1		
0.100	70.307	245	12.5	11.6	16.5	124	6.3	6.7	9.5	65	3.3	4.5	6.4
0.150		335	17.0			196	10.0			188	9.6		
0.200	105.460	442	22.4	21.8	20.7	236	12.0	11.7	11.1	198	10.0	9.5	9.0
0.300		600	30.5			320	16.3			271	13.8		
0.400		741	37.6			356	18.1			322	16.3		
0.500		882	44.8			485	25.1			373	18.9		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906	 MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

E-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I + 8% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

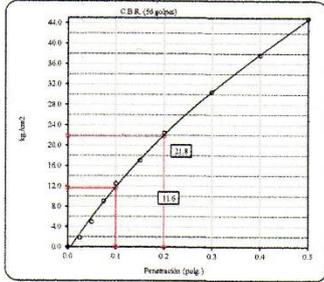
www.mtlgeotecniasac.

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Rey		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo	: 12-10-2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (8%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

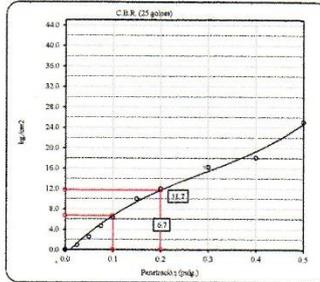
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.955 gr./cm^3
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.857 gr./cm^3

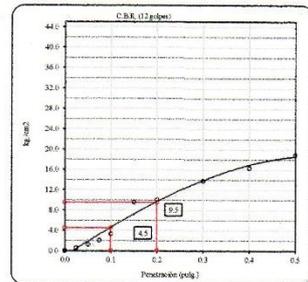
Óptimo Contenido de Humedad 9.00%



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : **16.5 %**

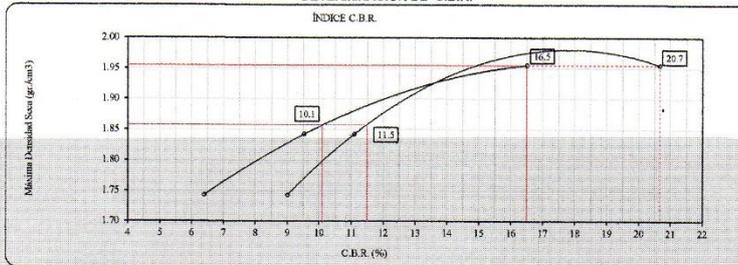


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : **9.5 %**



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : **6.4 %**

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **16.5 %**
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **10.1 %**
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **20.7 %**
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **11.5 %**

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

F-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I + 13% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

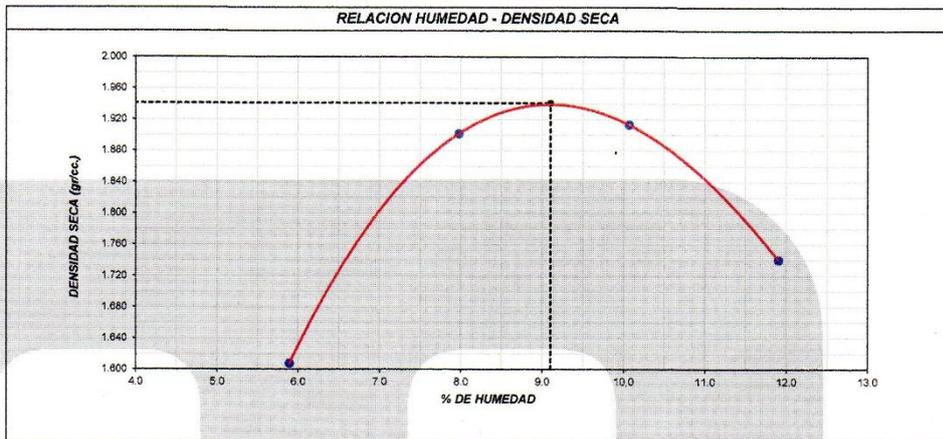
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Rey		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucllago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo:	09/10/2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (13%)		
PROFUNDIDAD	: 1,50 m		

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,421	5,750	5,799	5,651	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,595	1,924	1,973	1,825	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.702	2.053	2.106	1.948	
Recipiente Numero		12	17	9	4	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	679.5	648.1	639.5	649.8	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	648.2	609.2	591.8	593.5	
Peso de la Tara	gr.	117.2	121.5	118.1	120.6	
Peso del agua	gr.	31.3	38.9	47.7	56.3	
Peso del suelo seco	gr.	531	488	474	473	
Contenido de agua	%	5.9	8.0	10.1	11.9	
Densidad Seca	gr/cc	1.607	1.902	1.913	1.740	

Densidad Máxima Seca:	1.941	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Optima:	9.1 %
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-------



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

F-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I + 13% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Castro Ramírez, Clint Ray TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muclilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019 UBICACIÓN : Lima CALICATA : C-1 Fecha de ensayo : 12-10-2020 MUESTRA : IGNIMBRITA (13%) PROFUNDIDAD : 1.50 m			

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde Nº	G		H		I	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,549		12,009		12,613	
Peso molde (gr.)	8,165		7,780		8,747	
Peso suelo compactado (gr.)	4,384		4,229		3,866	
Volumen del molde (cm ³)	2,088		2,103		2,103	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,120		2,011		1,838	
Humedad (%)	9.1		9.0		9.1	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,943		1,845		1,885	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	657.5	688.5	678.2
Tara+suelo seco (gr.)	602.4	613.3	621.5
Peso de agua (gr.)	55.1	55.2	56.7
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	602.4	613.3	621.5
Humedad (%)	9.1	9.0	9.1

EXPANSIÓN														
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión			Dial	Expansión			Dial	Expansión		
				mm	%	%		mm	%	mm		%		
9-Oct	10:30:00	24	18	0.46	0.39		17	0.43	0.37	18	0.46	0.39		
10-Oct	10:30:00	48	24	0.61	0.52		22	0.56	0.48	25	0.64	0.55		
11-Oct	10:30:00	72	25	0.64	0.55		25	0.64	0.55	30	0.76	0.66		
12-Oct	10:30:00	96	25	0.64	0.55		26	0.66	0.57	33	0.84	0.72		

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	G				H				I			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %	kg.	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %	kg.	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %
0.025		33	1.7			17	0.9			9	0.5		
0.050		65	3.3			42	2.1			18	0.9		
0.075		132	6.7			69	3.5			32	1.6		
0.100	70.307	189	9.6	8.9	12.7	94	4.8	5.2	7.4	59	3.0	3.1	4.4
0.150		268	13.6			162	8.2			89	4.5		
0.200	105.460	320	16.3	16.4	15.8	212	10.8	10.1	9.6	152	7.7	6.6	6.3
0.300		471	23.9			296	15.0			189	9.6		
0.400		612	31.1			342	17.4			269	13.7		
0.500		763	38.8			481	24.4			309	15.7		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: Eilmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210996	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA SAC
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

F-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I + 13% Ignimbrita B.)



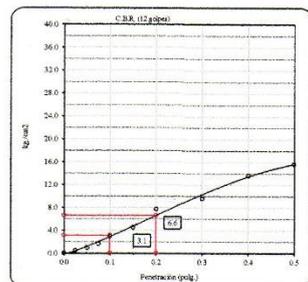
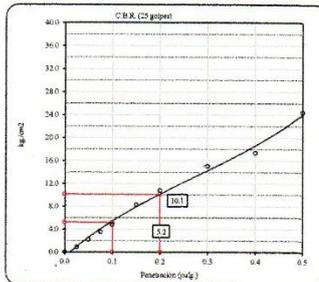
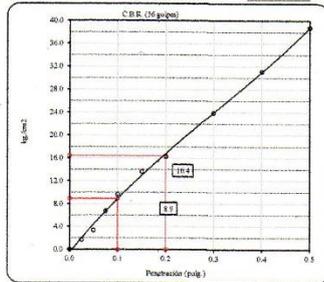
(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.

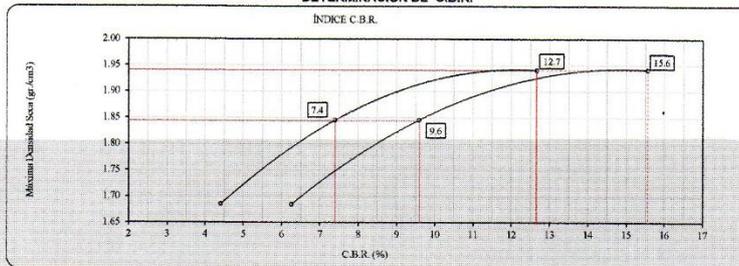
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Rey		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muclilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo	: 12-10-2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (13%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 1.941 gr./cm³ Óptimo Contenido de Humedad : 9.10 %
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1.844 gr./cm³



DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 12.7 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7.4 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 15.6 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 9.6 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 MTL GEOTECNIA S.A.C. SUELOS CONCRETO ASFALTO Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906	 MTL GEOTECNIA S.A.C. SUELOS CONCRETO ASFALTO Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210906	 MTL GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

G-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I + 18% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

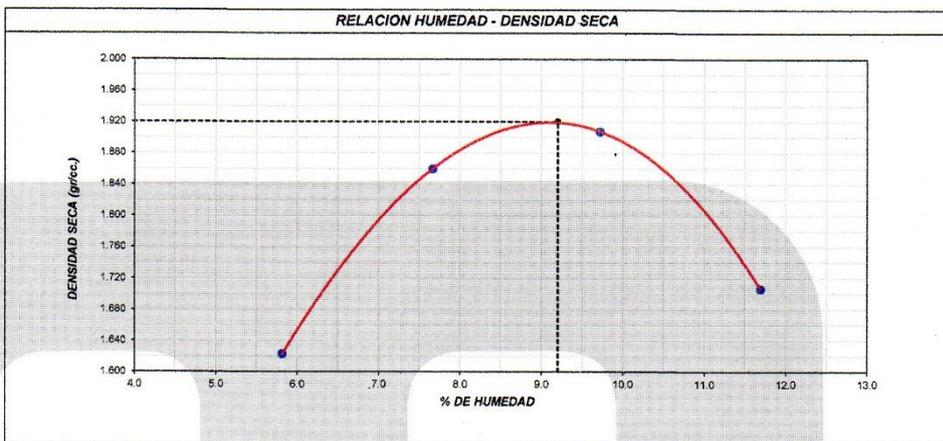
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Muclilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafrenal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo:	09/10/2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (18%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,435	5,702	5,787	5,612	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,609	1,876	1,961	1,786	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,717	2,002	2,093	1,906	
Recipiente Numero		14	10	21	17	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	679.6	659.5	677.8	686.2	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	648.8	621.2	627.9	626.2	
Peso de la Tara	gr.	119.6	121.5	114.5	113.1	
Peso del agua	gr.	30.8	38.3	49.9	60.0	
Peso del suelo seco	gr.	529	500	513	513	
Contenido de agua	%	5.8	7.7	9.7	11.7	
Densidad Seca	gr/cc	1.623	1.860	1.907	1.707	

Densidad Máxima Seca:	1.920	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Óptima:	9.2 %
-----------------------	-------	----------------------	---------------------------	-------



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

G-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I + 18% Ignimbrita B.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo	: 12-10-2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (18%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Moide N°	D		E		F	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,490		11,966		12,591	
Peso molde (gr.)	6,165		7,780		8,747	
Peso suelo compactado (gr.)	4,325		4,186		3,844	
Volumen del molde (cm³)	2,066		2,103		2,103	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,092		1,991		1,828	
Humedad (%)	9.2		9.1		9.2	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,916		1,825		1,674	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	642.5	657.3	669.5
Tara+suelo seco (gr.)	588.6	602.5	613.2
Peso de agua (gr.)	53.9	54.8	56.3
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	588.6	602.5	613.2
Humedad (%)	9.2	9.1	9.2

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
9-Oct	09:40:00	24	13	0.33	0.28	15	0.38	0.33	17	0.43	0.37
10-Oct	09:40:00	48	18	0.46	0.39	20	0.51	0.44	24	0.61	0.52
11-Oct	09:40:00	72	20	0.51	0.44	24	0.61	0.52	29	0.74	0.63
12-Oct	09:40:00	96	20	0.51	0.44	25	0.64	0.55	32	0.81	0.70

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	D				E				F			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		30	1.5			12	0.6			8	0.4		
0.050		46	2.3			33	1.7			19	1.0		
0.075		98	5.0			51	2.6			29	1.5		
0.100	70.307	145	7.3	6.8	9.7	84	4.3	3.9	5.5	51	2.6	2.7	3.8
0.150		202	10.2			122	6.2			69	3.5		
0.200	105.460	249	12.7	12.1	11.5	168	8.5	7.6	7.2	115	5.8	4.8	4.6
0.300		321	16.3			209	10.6			159	8.1		
0.400		428	21.7			274	13.9			202	10.3		
0.500		530	26.9			359	18.2			296	15.0		

OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
	MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N. 216966	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

G-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I + 18% Ignimbrita B.)



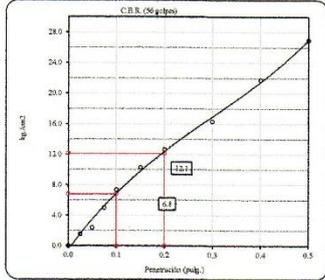
(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.

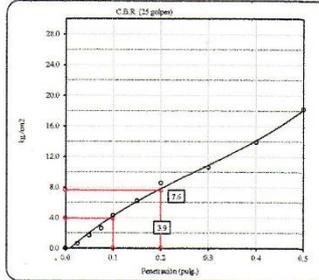
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo	: 12-10-2020
MUESTRA	: IGNIMBRITA (18%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Datos de muestra

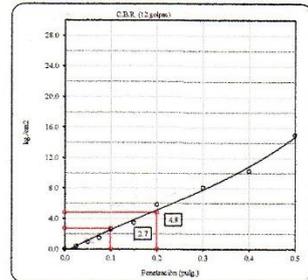
Máxima Densidad Seca 1.920 gr/cm^3 Óptimo Contenido de Humedad 9.20%
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.824 gr/cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : **9.7 %**

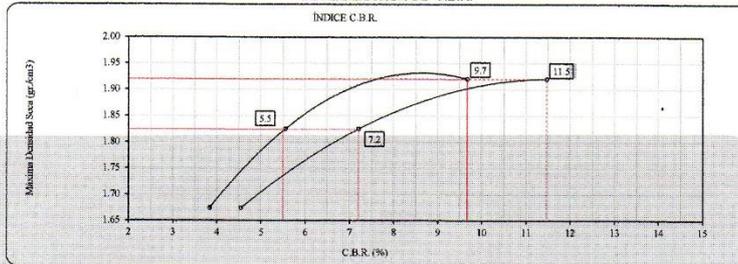


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : **5.5 %**



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : **3.8 %**

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": **9.7 %**
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": **5.5 %**
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": **11.5 %**
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": **7.2 %**

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

H-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I + 30% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

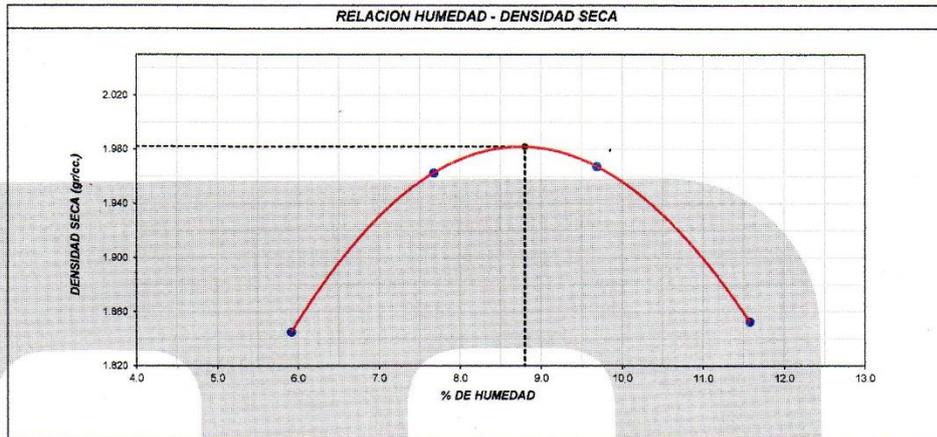
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio		
SOLICITANTE	: Castro Ramírez, Clint Ray		
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo:	13/10/2020
MUESTRA	: Mucilago (30%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,657	5,806	5,848	5,763	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,831	1,980	2,022	1,937	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,954	2,113	2,158	2,067	
Recipiente Numero						
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	883.6	859.2	849.5	877.3	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	846.9	818.6	798.6	811.9	
Peso de la Tara	gr.	226.4	289.4	273.0	247.1	
Peso del agua	gr.	36.7	40.6	50.9	65.4	
Peso del suelo seco	gr.	621	529	526	565	
Contenido de agua	%	5.9	7.7	9.7	11.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.845	1.963	1.967	1.853	

Densidad Máxima Seca:	1.982	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Optima:	8.8	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 MTL GEOTECNIA S.A.C Suelos Concreto Asfalto Elmer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C.I.P. N° 210996	 MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

H-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I + 30% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
UBICACIÓN	: Lima
CALICATA	: C-1 Fecha de ensayo : 16-10-2020
MUESTRA	: Mucilago (30%)
PROFUNDIDAD	: 1.50 m

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	T		7		A	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,571		11,851		11,572	
Peso molde (gr.)	7,859		7,277		7,324	
Peso suelo compactado (gr.)	4,712		4,374		4,248	
Volumen del molde (cm ³)	2,182		2,123		2,169	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	2,159		2,060		1,959	
Humedad (%)	8.8		8.9		8.8	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,986		1,892		1,799	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Tara+suelo húmedo (gr.)	625.8	639.9	684.5
Tara+suelo seco (gr.)	575.4	587.5	628.9
Peso de agua (gr.)	50.4	52.3	55.6
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	575.4	587.5	628.9
Humedad (%)	8.8	8.9	8.8

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Expansión				Expansión				Expansión			
			Dial	mm		%	Dial	mm		%	Dial	mm		%
13-Oct	09:40:00	24	14	0.36	0.31	13	0.33	0.28	18	0.46	0.39			
14-Oct	09:40:00	48	19	0.48	0.41	18	0.46	0.39	23	0.58	0.50			
15-Oct	09:40:00	72	23	0.58	0.50	22	0.56	0.48	26	0.66	0.57			
16-Oct	09:40:00	96	24	0.61	0.52	25	0.64	0.55	29	0.74	0.63			

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm ²)	T				Molde Nº 7				A			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg.	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %	kg.	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %	kg.	kg./cm ²	kg./cm ²	CBR %
0.025		15	0.8			5	0.2			2	0.1		
0.050		34	1.7			12	0.6			6	0.3		
0.075		49	2.5			26	1.3			11	0.6		
0.100	70.307	90	4.6	8.1	11.5	42	2.1	5.5	7.8	19	1.0	3.2	4.6
0.150		174	8.8			93	4.7			38	1.9		
0.200	105.460	258	13.1	16.4	15.6	150	7.6	10.8	10.2	78	4.0	6.6	6.3
0.300		422	21.4			270	13.7			143	7.3		
0.400		579	29.4			358	18.2			189	9.6		
0.500		723	36.7			502	25.5			231	11.7		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

H-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I + 30% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.c

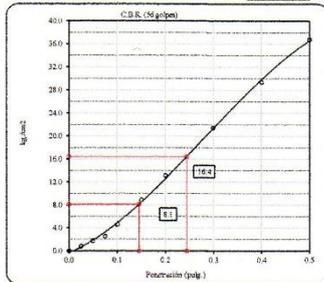
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA		: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE		: Castro Ramirez, Clint Ray	
TESIS		: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019	
UBICACIÓN		: Lima	
CALICATA		: C-1	Fecha de ensayo : 16-10-2020
MUESTRA		: Mucilago (30%)	
PROFUNDIDAD		: 1.50 m	

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca 1.982 gr./cm^3
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.883 gr./cm^3

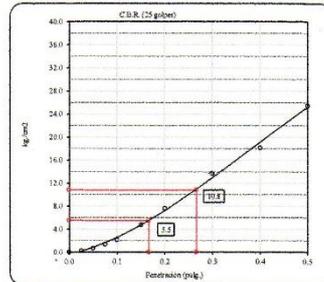
Óptimo Contenido de Humedad

8.80 %



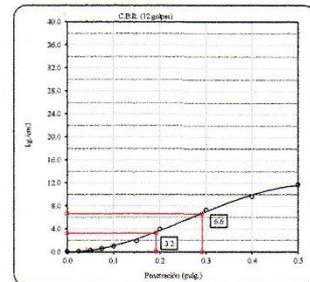
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES :

11.5 %



C.B.R. (0.1") 25 GOLPES :

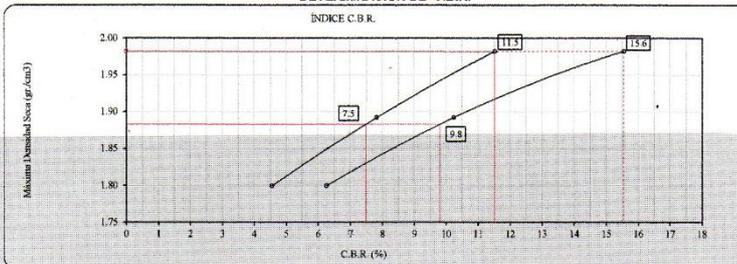
7.8 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES :

4.6 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11.5 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7.5 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 16.6 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 9.8 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	MTL GEOTECNIA S.A.C. Suelos Concreto Asfalto Eimer Moreno Huaman INGENIERO CIVIL C. P. N° 210906 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA

I-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I + 60% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnias

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

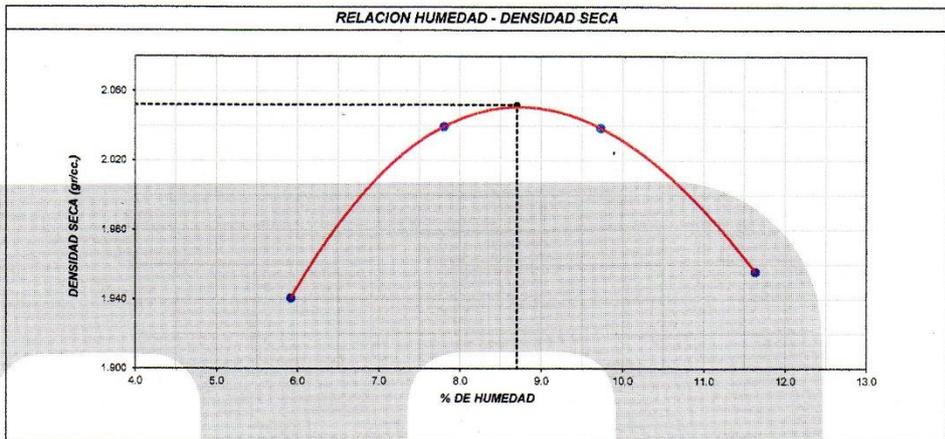
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA : Datos de laboratorio
SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray
TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019
UBICACIÓN : Lima
CALICATA : C-1 **Fecha de ensayo:** 13/10/2020
MUESTRA : Mucilago (60%)
PROFUNDIDAD : 1.50 m

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,752	5,886	5,922	5,872	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,926	2,060	2,096	2,046	
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2.055	2.199	2.237	2.184	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	859.6	847.6	896.2	873.9	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	823.5	802.3	839.2	807.5	
Peso de la Tara	gr.	213.5	221.5	253.4	236.8	
Peso del agua	gr.	36.1	45.3	57.0	66.4	
Peso del suelo seco	gr.	610	581	586	571	
Contenido de agua	%	5.9	7.8	9.7	11.6	
Densidad Seca	gr/cc	1.941	2.039	2.039	1.956	

Densidad Máxima Seca: 2.052 gr/cm³. **Contenido Humedad Optima:** 8.7 %



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

I-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I + 60% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA		Código	FOR-LAB-MS-015
			Revisión	2
			Aprobado	JJG
			Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132				
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarcú A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019 UBICACIÓN : Lima CALICATA : C-1 Fecha de ensayo : 16-10-2020 MUESTRA : Mucilago (60%) PROFUNDIDAD : 1.50 m				

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)													
Molde N°	C				F				B				
Número de capas	5				5				5				
Número de golpes	56				25				12				
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		
Peso suelo + molde (gr.)	13,554				12,282				11,954				
Peso molde (gr.)	8,897				7,774				7,845				
Peso suelo compactado (gr.)	4,657				4,508				4,109				
Volumen del molde (cm³)	2,085				2,141				2,085				
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,234				2,106				1,971				
Humedad (%)	8.7				8.7				8.8				
Densidad Seca (gr./cm³)	2,055				1,938				1,811				
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara+suelo húmedo (gr.)	658.9				644.2				657.8				
Tara+suelo seco (gr.)	606.2				592.8				604.5				
Peso de agua (gr.)	52.7				51.4				53.3				
Peso de tara (gr.)													
Peso de suelo seco (gr.)	606.2				592.8				604.5				
Humedad (%)	8.7				8.7				8.8				
EXPANSIÓN													
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión			
				mm	%		mm	%		mm	%		
13-Oct	09:55:00	24	16	0.41	0.35	17	0.43	0.37	19	0.48	0.41		
14-Oct	09:55:00	48	19	0.48	0.41	19	0.48	0.41	21	0.53	0.46		
15-Oct	09:55:00	72	21	0.53	0.46	22	0.56	0.48	24	0.61	0.52		
16-Oct	09:55:00	96	22	0.56	0.48	24	0.61	0.52	27	0.69	0.59		
PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg./cm²)	C				F				B			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección		
0.025		13	0.7			8	0.4			5	0.3		
0.050		34	1.7			29	1.5			16	0.8		
0.075		66	3.4			51	2.6			31	1.6		
0.100	70.307	108	5.5	9.7	13.8	84	4.2	7.2	10.2	52	2.6	5.6	8.0
0.150		226	11.5			159	8.1			101	5.1		
0.200	105.460	341	17.3	19.7	18.7	245	12.4	14.4	13.7	184	9.3	11.5	10.9
0.300		514	26.1			381	19.3			283	14.4		
0.400		673	34.2			451	22.9			369	18.7		
0.500		816	41.4			532	27.0			458	23.3		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

I-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I + 60% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.l

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA		: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE		: Castro Ramírez, Clint Ray	
TESIS		: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019	
UBICACIÓN		: Lima	
CALICATA	: C-1	Fecha de ensayo	: 16-10-2020
MUESTRA	: Mucilago (60%)		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m		

Datos de muestra

Máxima Densidad Seca

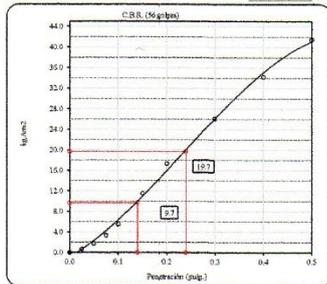
2.052 gr/cm³

Óptimo Contenido de Humedad

8.70 %

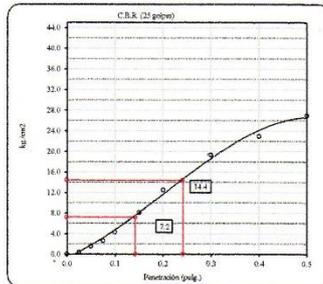
Máxima Densidad Seca al 95%

1.949 gr/cm³



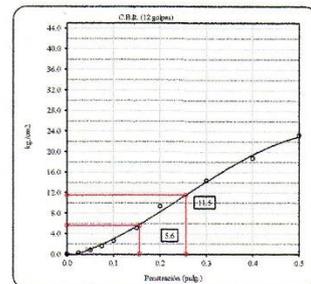
C.B.R. (0.1') 56 GOLPES :

13.8 %



C.B.R. (0.1') 25 GOLPES :

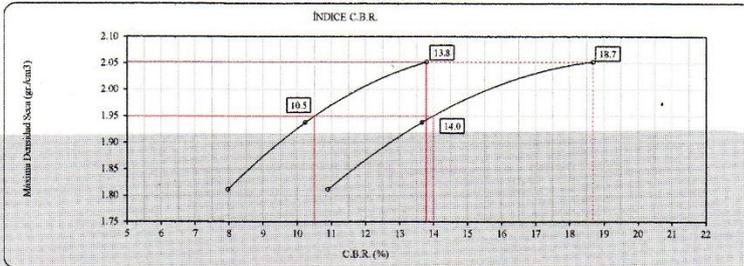
10.2 %



C.B.R. (0.1') 12 GOLPES :

8.0 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1': 13.8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1': 10.5 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2': 18.7 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2': 14.0 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohíbe la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

J-I.) Certificado ensayo Proctor Modificado. (Calicata I + 80% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia.com

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO COMPACTACIÓN PRÓCTOR MODIFICADO	Código	FOR-LAB-MS-011
		Revisión	2
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	31/12/2019

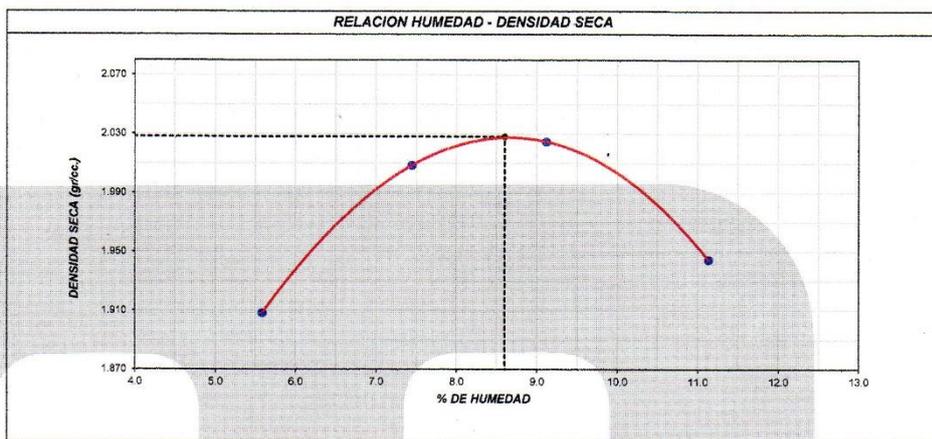
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D1557 / MTC E - 115

REFERENCIA	: Datos de laboratorio
SOLICITANTE	: Castro Ramirez, Clint Ray
TESIS	: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafrenal, Región Arequipa, 2019
UBICACIÓN	: Lima
CALICATA	: C-1 Fecha de ensayo: 13/10/2020
MUESTRA	: Mucilago (80%)
PROFUNDIDAD	: 1.50 m

Volumen Molde	937	cm ³
Peso Molde	3826	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4	5
Peso Suelo + Molde	gr.	5,714	5,848	5,896	5,851	
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	1,888	2,022	2,070	2,025	
Peso Volumétrico Humedo	gr.	2,015	2,158	2,209	2,161	
Recipiente Numero		-	-	-	-	
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	896.5	875.2	899.1	875.4	
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	861.6	833.2	845.9	811.6	
Peso de la Tara	gr.	236.9	269.2	262.5	238.5	
Peso del agua	gr.	34.9	42.0	53.2	63.8	
Peso del suelo seco	gr.	825	564	583	573	
Contenido de agua	%	5.6	7.4	9.1	11.1	
Densidad Seca	gr/cc	1.908	2.008	2.025	1.945	

Densidad Máxima Seca:	2.028	gr/cm ³ .	Contenido Humedad Optima:	8.6	%
------------------------------	-------	----------------------	----------------------------------	-----	---



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de JJ GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

J-II.) Certificado ensayo CBR Expansión. (Calicata I + 80% Mucilago de T.)



(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecnia

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA : Datos de laboratorio SOLICITANTE : Castro Ramirez, Clint Ray TESIS : Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019 UBICACIÓN : Lima CALICATA : C-1 Fecha de ensayo : 16-10-2020 MUESTRA : Mucilago (80%) PROFUNDIDAD : 1.50 m			

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	F		10		12	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,175		12,230		12,288	
Peso molde (gr.)	8,547		7,780		8,165	
Peso suelo compactado (gr.)	4,628		4,450		4,123	
Volumen del molde (cm³)	2,102		2,102		2,067	
Densidad húmeda (gr./cm³)	2,202		2,117		1,995	
Humedad (%)	8.6		8.7		8.6	
Densidad Seca (gr./cm³)	2,028		1,947		1,837	

CONTENIDO DE HUMEDAD			
Tara+suelo húmedo (gr.)	639.8	659.5	647.2
Tara+suelo seco (gr.)	589.2	606.6	596.1
Peso de agua (gr.)	50.6	52.9	51.1
Peso de tara (gr.)			
Peso de suelo seco (gr.)	589.2	606.6	596.1
Humedad (%)	8.6	8.7	8.6

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
13-Oct	10:25:00	24	15	0.38	0.33	16	0.41	0.35	17	0.43	0.37
14-Oct	10:25:00	48	17	0.43	0.37	18	0.46	0.39	19	0.48	0.41
15-Oct	10:25:00	72	19	0.48	0.41	19	0.48	0.41	21	0.53	0.46
16-Oct	10:25:00	96	19	0.48	0.41	20	0.51	0.44	23	0.58	0.50

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	F				Molde N° 10				Molde N° 12			
		Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección	Carga	Corrección		
		kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %	kg.	kg./cm²	kg./cm²	CBR %
0.025		23	1.2			21	1.1			4	0.2		
0.050		43	2.2			33	1.7			7	0.4		
0.075		80	4.1			57	2.9			12	0.6		
0.100	70.307	149	7.5	9.9	14.1	89	4.5	5.9	8.4	23	1.2	1.5	2.1
0.150		285	14.5			162	8.2			59	3.0		
0.200	105.460	412	20.9	21.1	20.0	212	10.8	10.8	10.2	87	4.4	3.8	3.6
0.300		571	29.0			277	14.1			123	6.2		
0.400		798	40.5			344	17.5			154	7.8		
0.500		937	47.6			408	20.7			180	9.1		

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por: Jefe de Laboratorio	Revisado por: Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

J-III.) Certificado de ensayo CBR. (Calicata I + 80% Mucilago de T.)



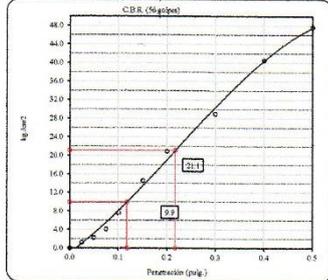
(511) 457 2237 / 989 349 903
 Jr. La Madrid 264 Asociación Los Olivos,
 San Martín de Porres - Lima
 informes@mtlgeotecniasac.com

www.mtlgeotecniasac.

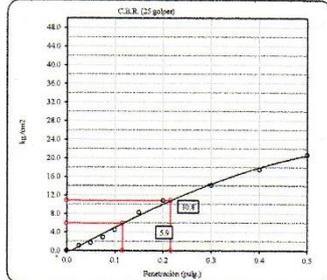
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA	Código	FOR-LAB-MS-015
		Revisión	2
		Aprobado	CC-JJG
		Fecha	16/03/2020
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D1883 / MTC E - 132			
REFERENCIA		: Datos de laboratorio	
SOLICITANTE		: Castro Ramirez, Clint Ray	
TESIS		: Estabilización De Suelo Incorporando Ignimbrita Blanca Y Mucilago De Tuna En El Acceso Huancarqui A La Mina Zafranal, Región Arequipa, 2019	
UBICACIÓN		: Lima	
CALICATA		: C-1	Fecha de ensayo : 16-10-2020
MUESTRA		: Mucilago (80%)	
PROFUNDIDAD		: 1.50 m	

Datos de muestra

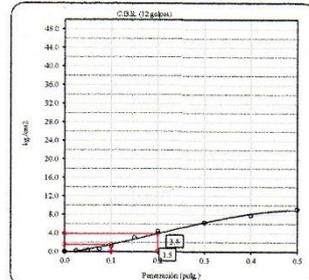
Máxima Densidad Seca 2.028 gr/cm³ Óptimo Contenido de Humedad 8.60 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1.927 gr/cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 14.1 %

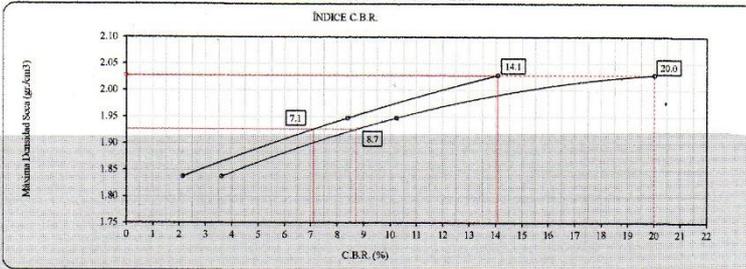


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 8.4 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 2.1 %

DETERMINACIÓN DE C.B.R.



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 14.1 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 7.1 %
 C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 20.0 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 8.7 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jefe de Laboratorio	 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad MTL GEOTECNIA

II). Certificado de Calibración de la Balanza 2200g MTL GEOTECNIA.

	SISTEMA DE GESTIÓN DE LA CALIDAD NTP ISO / IEC 17025:2017
CERTIFICADO DE CALIBRACION TC - 4370 - 2020	
PROFORMA : 1696A	Fecha de emisión : 2020-05-25
SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C. Dirección : CAL LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES	
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA Tipo : ELECTRÓNICA Marca : SARTORIUS Modelo : LC2201S N° de Serie : 50310007 Capacidad Máxima : 2200 g Resolución : 0,01 g División de Verificación : 0,1 g Clase de Exactitud : II Capacidad Mínima : 5 g Procedencia : ALEMANIA N° de Parte : No Indica Identificación : No Indica Ubicación : LABORATORIO Variación de ΔT Local : 5 °C Fecha de Calibración : 2020-05-25	TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025. TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los mas altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes. Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o Internacionales, de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados. Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
LUGAR DE CALIBRACIÓN Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.	
MÉTODO DE CALIBRACIÓN La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.	
TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento. El presente documento carece de valor sin firma y sello.	 Lic. Nicolás Ramos Paucar Gerente Técnico CFP: 0316
PGC-16-r08/ Diciembre 2019/Rev.04	Página : 1 de 3
 Jr. Condesa de Lemos N°117 San Miguel, Lima	(01) 262 9536 (51) 988 901 065
	informes@testcontrol.com.pe www.testcontrol.com.pe

Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 2 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-147-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

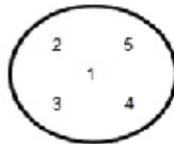
ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 099,99	5	-10	1	2 200,000	2 199,95	4	-19
2		1 099,99	3	-5	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,95	4	-19	3		2 199,95	5	-20
4		1 099,95	4	-19	4		2 199,95	4	-19
5		1 099,99	4	-9	5		2 199,99	4	-9
6		1 099,95	5	-20	6		2 199,95	4	-19
7		1 099,95	3	-15	7		2 199,95	3	-15
8		1 099,95	5	-20	8		2 199,99	4	-9
9		1 099,99	5	-10	9		2 199,99	5	-10
10		1 099,99	5	-10	10		2 199,99	5	-10
Emáx - Emin (mg)				12	Emáx - Emin (mg)				11
error máximo permitido (±mg)				200	error máximo permitido (±mg)				300



Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,2 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec				e.m.p. (±mg)	
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)		Ec (mg)
1	1,000	1,00	4	1	800,000	799,99	4	-9	-10	200
2		1,00	5	0		799,96	4	-19	-19	
3		1,00	4	1		799,96	5	-20	-21	
4		1,00	4	1		799,96	5	-20	-21	
5		1,00	5	0		799,99	5	-10	-10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

Carga (g)	Crecientes				Decrecientes				e.m.p. (±mg)
	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
0,000	0,10	4	101						
0,000	1,00	5	1 000	899	1,00	4	1 001	900	100
0,000	10,00	4	10 001	9 900	10,00	5	10 000	9 999	100
0,000	100,00	4	100 001	99 900	100,00	5	100 000	99 999	100
0,000	500,00	5	500 000	499 999	499,99	4	499 991	499 990	100
0,000	799,99	4	799 991	799 990	799,99	4	799 991	799 990	200
0,000	999,99	4	999 991	999 990	1 000,00	5	1 000 000	999 999	200
0,000	1 099,99	5	1 099 990	1 099 989	1 099,99	5	1 099 990	1 099 989	200
0,000	1 499,99	5	1 499 990	1 499 989	1 500,01	5	1 500 010	1 499 909	200
2 000,004	1 999,99	5	-14	-115	1 999,99	4	-13	-114	200
2 000,004	2 199,99	4	199 987	199 986	2 199,99	4	199 987	199 986	300

Donde:

I : Indicación de la balanza
R : Lectura de la balanza posterior a la calibración (g)
ΔL : Carga adicional
E : Error del Instrumento
Eo : Error en cero
Ec : Error corregido

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura Corregida} : R_{\text{corregida}} = R - 4,56 \times 10^{-11} \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} : U_{95} = 2 \times \sqrt{7,73 \times 10^{-5} \text{ g}^2 + 2,26 \times 10^{-10} \times R^2}$$

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.
La indicación de la balanza fue de 1 999,97 g para una carga de valor nominal 2200 g.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



III). Certificado de Calibración del Horno MTL GEOTECNIA.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : HORNO
Marca : GEMMY
Modelo : YCO-010
N° de Serie : 510647
Tipo de Ventilación : Turbulencia
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : TERMÓMETRO DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : DIGITAL
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 016 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,007 °C DM - INACAL	Termómetro Digital -200 °C a 400 °C	LT-247-2016

RESULTADOS DE MEDICIÓN

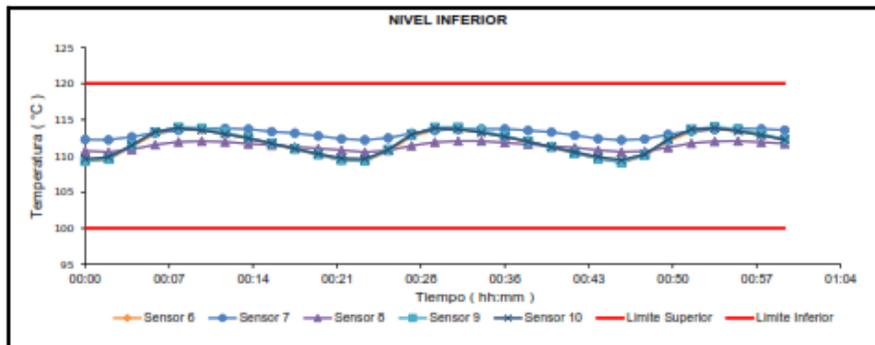
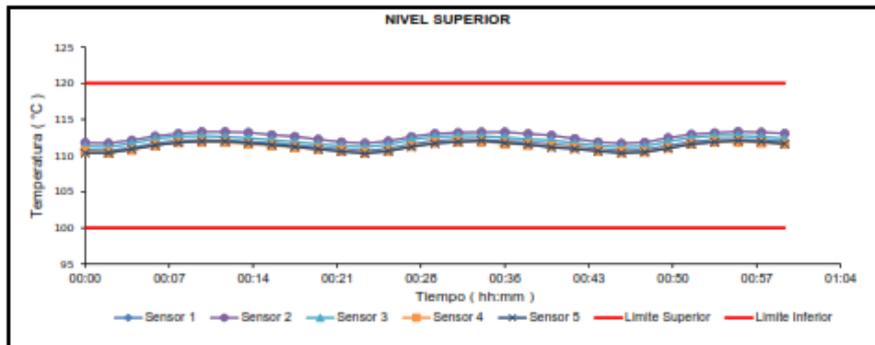
Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 10 °C	110	40 min	180 min	30 %	ENVASE METALICO C/ MUESTRAS CLIENTE

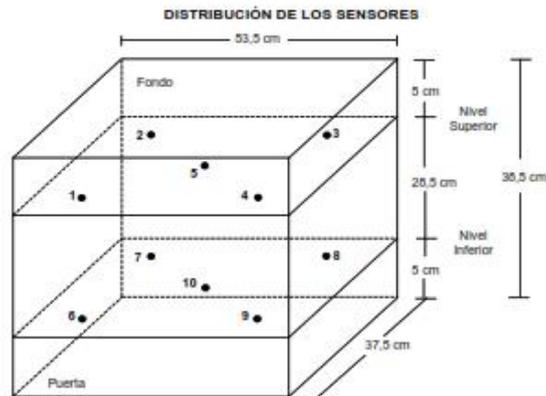
Tiempo (hh:mm)	Termómetro Homó (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										Tprom ² (°C)	Tmax - Tmin (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:00	110	110,0	111,0	111,3	110,6	110,3	109,2	112,3	110,7	109,3	109,6	110,6	3,1
0:02	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,4	109,5	112,2	110,5	109,6	109,8	110,6	2,7
0:04	110	111,1	112,1	111,7	110,6	110,9	111,3	112,6	110,9	111,5	111,5	111,4	1,8
0:06	110	111,7	112,7	112,3	111,5	111,4	113,0	113,2	111,6	113,3	113,4	112,4	1,9
0:08	110	112,1	113,0	112,7	111,8	111,8	113,6	113,9	111,9	114,0	113,9	112,8	2,2
0:10	110	112,2	113,3	112,7	111,9	112,0	113,5	113,6	112,0	113,6	113,6	112,9	1,9
0:12	110	112,1	113,3	112,6	111,8	112,0	113,1	113,6	111,9	113,3	113,0	112,7	1,9
0:14	110	111,9	113,2	112,4	111,6	111,8	112,4	113,7	111,7	112,5	112,4	112,4	2,1
0:16	110	111,8	112,9	112,2	111,4	111,5	111,6	113,4	111,5	111,8	111,7	112,0	2,0
0:18	110	111,4	112,6	111,9	111,1	111,2	110,9	113,1	111,2	111,0	111,0	111,6	2,3
0:20	110	111,2	112,2	111,6	110,9	110,9	110,1	112,7	111,0	110,2	110,3	111,1	2,6
0:22	110	110,9	111,9	111,3	110,7	110,6	109,4	112,4	110,6	109,4	109,7	110,7	3,0
0:24	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,2	112,2	110,5	109,3	109,6	110,5	3,0
0:26	110	111,0	112,0	111,5	110,7	110,6	110,7	112,9	110,8	110,9	110,8	111,1	1,9
0:28	110	111,6	112,6	112,2	111,3	111,2	112,7	113,1	111,4	112,9	113,0	112,2	1,9
0:30	110	112,1	113,0	112,6	111,8	111,7	113,6	113,5	111,9	113,9	113,8	112,6	2,2
0:32	110	112,2	113,2	112,7	112,0	111,9	113,6	113,7	112,1	114,0	113,7	112,9	2,1
0:34	110	112,2	113,2	112,7	111,9	112,1	113,3	113,7	112,0	113,5	113,2	112,8	1,8
0:36	110	112,0	113,2	112,5	111,7	111,8	112,7	113,7	111,8	112,8	112,6	112,5	2,0
0:38	110	111,9	113,0	112,3	111,5	111,5	111,9	113,5	111,6	112,0	112,0	112,1	2,0
0:40	110	111,6	112,6	112,1	111,3	111,1	111,1	113,3	111,4	111,2	111,2	111,7	2,2
0:42	110	111,3	112,3	111,7	111,1	110,9	110,3	112,6	111,2	110,4	110,5	111,3	2,5
0:44	110	110,9	111,9	111,4	110,7	110,6	109,6	112,4	110,6	109,6	109,9	110,6	2,6
0:46	110	110,7	111,7	111,2	110,5	110,3	109,1	112,2	110,6	109,1	109,4	110,5	3,1
0:48	110	110,8	111,8	111,3	110,5	110,5	110,0	112,3	110,6	110,1	110,2	110,6	2,3
0:50	110	111,4	112,5	112,0	111,1	111,0	112,0	113,0	111,2	112,2	112,3	111,6	2,0
0:52	110	111,9	112,9	112,5	111,7	111,6	113,3	113,4	111,6	113,7	113,7	112,6	2,1
0:54	110	112,2	113,2	112,8	111,9	111,9	113,7	113,7	112,0	114,0	113,8	112,9	2,1
0:56	110	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,4	113,6	112,1	113,7	113,4	112,9	1,8
0:58	110	112,1	113,2	112,6	111,8	111,9	112,9	113,7	111,9	113,1	112,9	112,6	1,9
1:00	110	112,0	113,1	112,4	111,6	111,7	112,2	113,6	111,7	112,3	112,2	112,3	2,0
T. PROM ¹	110,0	111,6	112,6	112,1	111,3	111,3	111,7	113,1	111,4	111,9	111,9		
T. MAX ²	110,0	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,7	113,6	112,1	114,0	113,9		
T. MIN ²	110,0	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,1	112,2	110,5	109,1	109,4		
DTT ³	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	4,6	1,6	1,6	4,9	4,4		

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,0	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,1	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,9	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,8	0,5
Estabilidad Medida (±)	2,45	0,04
Uniformidad Medida	3,1	0,5

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES





- Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.
- Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 0,5 cm por encima de la parrilla superior.
- Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.
- Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

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

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isotermo: 0,5 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

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

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



IV). Certificado de Calibración de la Prensa para CBR GEOTECNIA.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN TC-4374-2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27 Pagina : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.
Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : PRENSA CBR

Marca : NO INDICA
Modelo : NO INDICA
N° Serie : NO INDICA
Intervalo de indicación : 5000 Kg
Resolución : 0,1 Kg

CELDA DE CARGA

Marca : Kell
Modelo : A-FED
Serie : 5X70036
Procedencia : NO INDICA
Código de identificación : NO INDICA
Ubicación : No indica

Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

METODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 *
Procedimiento para la Calibración de Prensas, celdas y anillos de carga*.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	19,9°C	20,1°C
HUMEDAD RELATIVA	43,0%	44,0%

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
C.F.P. N° 0316



TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Balanza de Presión AEP Transducers	Celda de Carga ANYLOAD 30000 Kg	LM-0033-2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Indicación del Equipo (Kg)	Lectura Convencionalmente Verdadera (Kg)	Error (Kg)	Incertidumbre (Kg)
500,0	485,0	15,0	0,1
1000,0	974,5	25,5	0,1
1500,0	1437,5	62,5	0,1
2000,0	1945,3	54,7	0,1
2500,0	2464,6	35,4	0,1
3000,0	2965,3	34,7	0,1
3500,0	3465,7	34,3	0,1
4000,0	3945,5	54,5	0,1
4500,0	4435,6	64,2	0,1
5000,0	4946,3	53,7	0,1

OBSERVACIONES.

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La Incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la Incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



Anexo 9. Recibo del Pago realizado por los Servicios de Ensayos de Laboratorio.

9/9/2020

::: Boleta de Venta Electronica - Impresion :::

MTL GEOTECNIA S.A.C. CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV DANIEL ALCID SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA		BOLETA DE VENTA ELECTRONICA RUC: 20600375262 EB01-14				
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 09/09/2020 Señor(es) : CLINT RAY CASTRO RAMIREZ DNI : 47393962 Tipo de Moneda : SOLES Observación :						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	ENSAYOS DE LABORATORIO DE SUELOS	1186.44	0.00	1,400.00	0.00
Otros Cargos :						S/0.00
Otros Tributos :						S/0.00
ICBPER :						S/ 0.00
Importe Total :						S/1,400.00
SON: UN MIL CUATROCIENTOS Y 00/100 SOLES						
(*) Sin impuestos.		Op. Gravada :		S/ 1,186.44		
(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		Op. Exonerada :		S/ 0.00		
		Op. Inafecta :		S/ 0.00		
		ISC :		S/ 0.00		
		IGV :		S/ 213.56		
		ICBPER :		S/ 0.00		
		Otros Cargos :		S/ 0.00		
		Otros Tributos :		S/ 0.00		
		Importe Total :		S/ 1,400.00		
Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe , en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.						

MTL GEOTECNIA S.A.C.

CAL. LA MADRID 264 ASC. LOS OLIVOS AV ANTUNEZ DE MAYOLO CON AV
DANIEL ALCID
SAN MARTIN DE PORRES - LIMA - LIMA

BOLETA DE VENTA ELECTRONICA**RUC: 20600375262****EB01-15**

Fecha de Vencimiento :
Fecha de Emisión : **24/09/2020**
Señor(es) : **CLINT RAY CASTRO RAMIREZ**
DNI : **47393962**
Tipo de Moneda : **SOLES**
Observación :

Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	RESTANTE ENSAYOS DE LABORATORIO TESIS ESTABILIZACIÓN DE SUELO INCORPORANDO IGNIMBRITA BLANCA Y MUCILAGO DE TUNA EN EL ACCESO HUANCARQUI A LA MINA ZAFRANAL, REGIÓN AREQUIPA,2019	2383.559	0.00	2,812.60	0.00

Otros Cargos : S/0.00
Otros : S/0.00
Tributos :
ICBPER :
Importe Total : S/2,812.60

SON: DOS MIL OCHOCIENTOS DOCE Y 60/100 SOLES

(*) Sin impuestos.

(**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.

Op. Gravada :	<input type="text" value="S/ 2,383.56"/>
Op. Exonerada :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Op. Inafecta :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
ISC :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
IGV :	<input type="text" value="S/ 429.04"/>
ICBPER :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Otros Cargos :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Otros Tributos :	<input type="text" value="S/ 0.00"/>
Importe Total :	<input type="text" value="S/ 2,812.60"/>

Esta es una representación impresa de la Boleta de Venta Electrónica, generada en el Sistema de la SUNAT. El Emisor Electrónico puede verificarla utilizando su clave SOL, el Adquirente o Usuario puede consultar su validez en SUNAT Virtual: www.sunat.gob.pe, en Opciones sin Clave SOL/ Consulta de Validez del CPE.

Anexo 10. Plano (Plano de Localización y Ubicación).

