



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

“Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico -
mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno – 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR:

Rodríguez Asqui, Frank Elvis ([ORCID: 0000-0003-2076-6110](#))

ASESOR:

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

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

LIMA – PERÚ

2021

DEDICATORIA

A mis padres, Reyna y Felipe Santiago, Por ser el soporte, motivo e impulso a lo largo de mi vida y la principal razón para poder alcanzar mis metas. Porque son la razón que me motiva cada día para esforzarme por el presente y el mañana.

A mis hermanas, familiares, amigos y compañeros por acompañarme en cada etapa de mi vida universitaria como también a una persona muy especial J. y a muchas personas por el apoyo incondicional y por ser una fuente de inspiración que me encamina al éxito.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez; que me brindó la oportunidad de ser parte de ella y a los docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil por su labor en mi formación profesional y experiencias que me brindaron durante mi formación profesional.

A la Universidad César Vallejo; por brindarme la oportunidad de pertenecer a su casa de estudios.

A mi asesor de tesis Dr. Ing. José Luis Benites Zuñiga, por el tiempo paciencia y apoyo en el desarrollo de esta tesis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	ix
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	5
III. METODOLOGÍA	26
3.1. Tipo y diseño de investigación	26
3.2. Variables y operacionalización	27
3.3. Población, muestra y muestreo	27
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	28
3.5. Procedimientos	28
3.6. Método de análisis de datos	29
3.7. Aspectos éticos	29
IV. RESULTADOS	30
V. DISCUSIÓN	49
VI. CONCLUSIONES	53
VII. RECOMENDACIONES	54
REFERENCIAS	55
ANEXOS	59

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Gradación de suelos.	14
Tabla 2. Cantidad mínima de muestra - ensayos de contenido de humedad.	15
Tabla 3. Índice de plasticidad en diferentes tipos de suelo	18
Tabla 4. Clasificación de suelos sistema AASHTO.	19
Tabla 5. Clasificación de los suelos según Índice de Grupo.	19
Tabla 6. Símbolos en clasificación SUCS	20
Tabla 7. Tipos de suelos clasificación SUCS.	21
Tabla 8. Correlación entre clasificación AASHTO y SUCS	22
Tabla 9. Especificaciones para la prueba Proctor modificado.	23
Tabla 10. Categorías de subrasante en función al CBR.	25
Tabla 11: Gradación de agregados de tamaño fino.	29
Tabla 12. Ubicación de la muestra M - 01.	32
Tabla 13. Granulometría de la muestra M - 01.	33
Tabla 14. Clasificación SUCS, AASHTO, contenido de humedad y Gs de la muestra M - 01.	34
Tabla 15. Granulometría del vidrio triturado.	35
Tabla 16. Clasificación SUCS, AASHTO, contenido de humedad y Gs de la muestra M - 01 + % de vidrio triturado.	36
Tabla 17. Límites de consistencia de la muestra M - 01.	37
Tabla 18. Límites de consistencia de la muestra M - 01 + vidrio triturado.	37
Tabla 19. Resultados de ensayo Proctor modificado muestra M - 01 + vidrio triturado.	42
Tabla 20. Resultados de ensayo CBR muestra M - 01 + vidrio triturado.	47

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Equipo manual para determinar el límite líquido.	16
Figura 2: Carta de plasticidad	21
Figura 3: Carta de plasticidad	21
Figura 4. Molde de ensayo Proctor modificado (método A y B)	23
Figura 5. Molde del ensayo CBR	24
Figura 6. Ubicación del distrito de Puno.	30
Figura 7. Ubicación de la Av. Industrial.	31
Figura 8. Excavación calicata C - 01.	31
Figura 9. Análisis granulométrico por tamizado M - 01.	33
Figura 10. Obtención de pesos retenidos - análisis granulométrico por tamizado.	33
Figura 11 . Curva granulométrica M - 01.	34
Figura 12. Trituración del vidrio.	35
Figura 13. Obtención de gradación de vidrio triturado.	35
Figura 14. Equipo de ensayo - Gravedad específica.	35
Figura 15. Ensayo de gravedad específica.	35
Figura 16. Límite líquido.	36
Figura 17. Límite plástico.	36
Figura 18. Curva - variación del índice de plasticidad (IP) muestra patrón + % de vidrio	37
Figura 19. Variación del índice de plasticidad (IP) muestra patrón + % de vidrio triturado.	38
Figura 20. Ensayo Proctor modificado - llenado del molde.	38
Figura 21. Ensayo Proctor modificado - compactación.	38
Figura 22. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón.	39
Figura 23. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón + 4% de vidrio triturado.	39
Figura 24. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón + 7% de vidrio triturado.	40
Figura 25. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón + 10% de vidrio triturado.	40
Figura 26 . Curva - Relación entre la máxima densidad seca y el % de vidrio triturado.	41
Figura 27. Variación - Relación entre la máxima densidad seca y el % de vidrio triturado.	41
Figura 28. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y el % de vidrio triturado.	41
Figura 29. Variación - Relación entre el contenido de humedad óptimo y % de vidrio triturado.	42
Figura 30. Llenado del molde CBR.	43
Figura 31. Ensayo CBR - Penetración.	43
Figura 32. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01.	43

Figura 33. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01 + 4% de vidrio triturado.	44
Figura 34. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01 + 7% de vidrio triturado.	44
Figura 35. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01 + 10% de vidrio triturado.	44
Figura 36. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 - muestra patrón.	45
Figura 37. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 + 4% de vidrio triturado.	45
Figura 38. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 + 7% de vidrio triturado.	46
Figura 39. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 + 10% de vidrio triturado.	46
Figura 40. Curva - Relación entre el CBR al 95% y % de vidrio triturado.	47
Figura 41. Variación - Relación entre el CBR al 95% y % de vidrio triturado.	47
Figura 42. Curva - Relación entre el CBR al 100% y % de vidrio triturado.	48
Figura 43. Variación - Relación entre el CBR al 100% y % de vidrio triturado.	48
Figura 44. Comparación del índice de plasticidad con antecedentes.	49
Figura 45. Comparación de MDS con antecedentes.	50
Figura 46. Comparación del contenido de humedad óptimo con antecedentes.	51
Figura 47. Comparación del CBR al 95% con antecedentes.	52
Figura 48. Comparación del CBR al 100% con antecedentes.	52

RESUMEN

En la actualidad existen residuos como el vidrio, un material que es reciclable, sin embargo, en muchos casos se dispone en los vertederos de residuos, eliminando su posible aplicación para otros usos.

Por ello el presente trabajo, tiene por objetivo general, determinar la influencia de la incorporación del vidrio triturado en las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021. La determinación de las propiedades físico – mecánicas de la muestra de suelo realizar ensayos de laboratorio: granulometría, gravedad específica, límites de consistencia, ensayo Proctor modificado y CBR.

Se consideró el tipo de investigación aplicada, un diseño de investigación del tipo experimental, para el desarrollo de los experimentos fueron considerados porcentajes de incorporación de vidrio triturado de 0%, 4%, 7% y 10% del peso de las muestras, para ser ensayadas en el laboratorio.

La incorporación de vidrio triturado influye en las propiedades de los suelos, en base a los resultados, se obtuvo que la adición del vidrio disminuye el IP de suelos arcillosos, la densidad y la gravedad específica, también aumenta la resistencia mecánica del suelo (CBR), obteniendo una proporción óptima de 7%, para el mejoramiento de suelos en las subrasantes de obras viales.

Palabras clave: Vidrio triturado, CBR, subrasante.

ABSTRACT

Currently there are waste such as glass, a material that is recyclable, however, in many cases it is disposed of in waste dumps, eliminating its possible application for other uses.

For this reason, the present work has the general objective of determining the influence of the incorporation of crushed glass on the physical - mechanical properties of clayey soils in Avenida Industrial, Puno - 2021. The determination of the physical - mechanical properties of the sample of I usually perform laboratory tests: granulometry, specific gravity, consistency limits, modified Proctor test and CBR.

The type of applied research was considered, a research design of the experimental type, for the development of the experiments, percentages of incorporation of crushed glass of 0%, 4%, 7% and 10% of the weight of the samples were treated, to be tested in the laboratory.

The incorporation of crushed glass influences the properties of the soils, based on the results, it was obtained that the addition of glass decreases the IP of clay soils, the density and the specific gravity, it also increases the mechanical resistance of the soil (CBR), obtaining an optimal proportion of 7%, for the improvement of soils in the subgrade of road works.

Keywords: Crushed glass, CBR, subbrasant.

I. INTRODUCCIÓN

El suelo es un material ampliamente usado en las obras civiles, siendo muy importante en la construcción de carreteras a nivel mundial, además los residuos sólidos generados por las actividades humanas, afectan al medio ambiente, caso del vidrio que es un material de desecho que tarda mucho tiempo en degradarse, por ello el reciclaje es una alternativa para poner en valor este material.

La composición de los suelos afecta la resistencia estructural de los pavimentos, y siendo la subrasante conformada por suelos blandos presentan una condición que hace que las capas estructurales del pavimento requieran mayores espesores de diseño, los suelos blandos sufren cambios volumétricos y deformaciones, que producen daños estructurales en las capas superiores¹.

Es necesario mejorar aquellos suelos que no satisfacen las características exigidas por las normativas de pavimentos, existen diversos compuestos industriales que pueden garantizar la estabilidad de un suelo, como son los estabilizantes químicos, sin embargo, además existen residuos producidos por el ser humano que son desperdiciados, caso del vidrio, por ello en España se busca reducir residuos que provienen del reciclado de vidrio de envases de la industria vidriera y cerámica, para utilizarlo en la estabilización de las capas en carreteras, el vidrio triturado se obtiene moliendo residuos de envases y embalajes de vidrio que provienen de la recolección selectiva de residuos domésticos e industriales, con esto se pone en valor los desechos del vidrio que al no ser reutilizados se depositan en vertederos, por ello se consigue un beneficio económico-ambiental².

Ante los problemas mencionados, en el Perú, la presencia de minerales presentes en el suelo como la arcilla, mantienen una baja capacidad de soporte y una calidad por debajo de lo establecido por la normatividad nacional, por lo cual este tipo de

¹ Caamaño, I. *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente*. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2016.

² Mas, María, y otros. *Análisis de la Viabilidad Ambiental de la Utilización de Morteros Fabricados con Polvo de Vidrio en la Estabilización de suelos*. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2016.

material no es adecuado para un suelo sobre el cual se coloque un pavimento. Una opción para convertir en suelos favorables es trabajarlos con el objetivo de modificar sus características físico - mecánicas por medio de procedimientos de estabilización en dicho suelo, como por ejemplo la adición de materiales que mejoren la capacidad de soporte³.

La construcción de infraestructura vial, está en crecimiento, lo que requiere de materiales de construcción de buena calidad para garantizar el nivel de servicio, al ejecutar este tipo de infraestructura, en beneficio del transporte, en dicha etapa se encuentran suelos inadecuados para ser utilizados como subrasante, debido a que las características del suelo no garantizan la estabilidad de los pavimentos, por lo que son descartados y consecuentemente reemplazados por materiales de conformación con mayor calidad, generalmente con un elevado costo, que influyen en el proyecto y disminuyendo la rentabilidad, incluso en ocasiones, el sobre costo implica la cancelación definitiva de un proyecto, comprometiendo la comunicación vial y afectando a las poblaciones beneficiarias⁴.

En la ciudad de Puno, la cantera Salcedo en el C.P. del mismo nombre, es utilizada en la actualidad para construir carreteras y vías urbanas en la ciudad de Puno, sin embargo, en estado natural por su composición, no alcanza la calidad requerida, por ello es necesario aprovechar dicha cantera mediante la estabilización, lo cual evita el uso de recursos naturales al minimizar la utilización de suelos con una mejor calidad, enfocada a lograr la sostenibilidad, en base a consideraciones medioambientales y técnicas. El empleo de suelos disponibles conlleva a evitar la explotación de nuevos yacimientos⁵.

³ Mantilla, J. *Mejoramiento con granalla mineral en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Tocache - Juanjui*, Km: 39+010. Lima : Universidad César Vallejo, 2019.

⁴ Sánchez , C. y Terrones, R. *Estabilización de suelos utilizando híbrido de polvo de concha de abanico y vidrio reciclado*, Huacacorral. Lima : Universidad César Vallejo, 2020.

⁵ Guzmán, P. *Influencia de aditivos químicos en las características físico – mecánicas y relación costo – beneficio de suelos a emplearse en la superficie de rodadura de la vía Puno – aeropuerto de Ventilla, región Puno*. Puno: Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017.

La avenida Industrial del centro poblado de Salcedo en la ciudad de Puno, en la actualidad se encuentra en mal estado de conservación en el 100%, en condiciones inadecuadas para la transitabilidad vehicular. A lo largo de la vía, las viviendas son afectadas por el constante polvo que se produce en épocas de secano y el lodo generado en épocas de precipitaciones pluviales. Así mismo ocasiona pérdida en tiempos de viaje, dificultad para el traslado, deficiente servicio de transporte, alto costos de operación y consecuentemente pérdidas económicas. Actualmente es una trocha aperturada, que está compuesta por una capa conformada por una mezcla de suelo de una cantera cercana⁶.

Por tanto, se plantea como problema general: ¿De qué manera la incorporación del vidrio triturado influye en las propiedades físico – mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?

Asimismo, se tienen como problemas específicos: ¿De qué manera la incorporación del vidrio triturado influye en el porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?, ¿Cuál es el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?, ¿Cuál es el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?

En la presente investigación como justificación teórica se busca dar a conocer la alternativa de mejoramiento de suelos para subrasantes con la incorporación del vidrio triturado, el cual es un residuo que puede ser utilizado en la construcción de carreteras, cuya incidencia es presentada el capítulo de resultados, a través del ensayo de capacidad de soporte (CBR) y Proctor modificado. Como justificación metodológica los procedimientos metodológicos considerados con el propósito de realizar la presente investigación, están relacionados a la ética y el método científico. La justificación técnica de la investigación presenta la utilización del vidrio

⁶ Municipalidad Provincial de Puno. *Mejoramiento del servicio vial urbano de la avenida industrial del centro poblado de salcedo, distrito de Puno - provincia de Puno - departamento de Puno*. Puno : OPMI, Municipalidad Provincial de Puno, 2021.

triturado en la subrasante para mejorar la capacidad de soporte, como un elemento alternativo y ecoeficiente al dar un uso a los residuos de vidrio, además de la aplicación de aspectos técnicos del Manual para ensayos de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones. La justificación social radica en que, siendo la infraestructura vial de mucha importancia para brindar beneficio a la población usuaria, por ello se plantea una alternativa para garantizar la adecuada resistencia mecánica de los suelos para mantener las vías en buen estado, posibilitando un tránsito fluido y las actividades económicas relacionadas.

Del análisis de la realidad problemática, se tiene por objetivo general: Determinar la influencia de la incorporación del vidrio triturado en las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021. Así mismo se llegaron a obtener los objetivos específicos: Determinar la influencia del vidrio triturado en el porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021. Determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021. Determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.

Como hipótesis general en la presente investigación se tiene que: La incorporación del vidrio triturado influye en la mejora las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la Av. Industrial, Puno-2021. Las hipótesis específicas son: La incorporación del vidrio triturado influye en la reducción del porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la Av. Industrial, Puno-2021. El efecto de la incorporación del vidrio triturado mejora la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la Av. Industrial, Puno-2021. El efecto de la incorporación del vidrio triturado mejora la resistencia de suelos arcillosos en la Av. Industrial, Puno-2021.

II. MARCO TEÓRICO

Con el fin de desarrollar la presente investigación, se requirió la revisión bibliográfica, a nivel nacional se tienen los trabajos de investigación:

En la tesis de Haro (2021), quien tuvo como objetivo analizar los efectos de la adición del vidrio reciclado en suelos de subrasante en proporción de 0, 6 y 8%, la investigación de tipo aplicada, considera un diseño experimental. Tuvo como población son considerados los suelos de la A.H. Villa Hermosa-Chimbote, la muestra seleccionada consta de 04 calicatas a 1.50 m de profundidad, los instrumentos utilizados fueron las guías de laboratorio y reportes de datos. Los resultados obtenidos indican que para las muestras sin vidrio reciclado en el ensayo Proctor modificado, dieron como resultado un 10.51% de contenido de humedad óptimo, densidad seca máxima de 1.936gr/cm³, mientras que para el CBR un 18.24% y 29.55%, con 6% de vidrio 28.46% y 33.08%, con 8% de vidrio 25.78% y 29.58% (CBR al 95 y 100% respectivamente). Se Concluye que la adición de vidrio reciclado en proporción de 6%, es el más óptimo para la mejora el CBR, aumentando un 50% respecto a la condición inicial (sin vidrio reciclado).

La adición de un estabilizante de suelos híbrido propuesto por Sánchez & Terrones (2020), quienes tuvieron como objetivo evaluar la estabilización de suelos con una mezcla de polvo de vidrio reciclado y conchas de abanico, la investigación de tipo aplicada, nivel cuantitativo, la población considerada fueron los suelos del C.P. Huacacorral-Virú-La Libertad. La muestra consta de 03 calicatas de 1.50 m, para los experimentos, los instrumentos considerados son las guías de observación en laboratorio, basados en la normatividad ASTM. Los resultados indican que, para los valores de máxima densidad seca, son: 1.71 gr/cm³, 1.748 gr/cm³, 1.787 gr/cm³, 1.807 gr/cm³, óptimo contenido de humedad: 16.20%, 14.80%, 13.50%, 12.20%, para la adición del estabilizante en proporciones de 0%, 10%, 15% y 20%, respectivamente. El índice CBR de la muestra sin estabilizante tuvo un valor de 4.90% (siendo de categoría S1-Subrasante pobre, de acuerdo a la normatividad del MTC); 11%, 15% y 20% respecto a las muestras de análisis estabilizadas. Los estudios realizados concluyen que es evidente la influencia de un compuesto elaborado en base a conchas de abanico y vidrio reciclado en la mejora el CBR del

suelo, la proporción óptima es de 20% para la conformación de la estructura de una carretera, mejorando las propiedades resistentes, con un incremento de un 13% en la MDS y 300% en el índice CBR, además disminuye en 62% la expansión del CBR y 25% para el contenido de humedad óptimo.

El trabajo de Guzmán (2017), tuvo como objetivo permitir la utilización de suelos de regular calidad, para la conformación de la subrasante con ayuda de la estabilización de suelos, tipo de investigación cuantitativa, la población de estudio considerada fue la cantera de Salcedo, la muestra consiste en 03 muestras extraídas de la cantera mencionada, los instrumentos considerados son los registros de observación de laboratorio. Los resultados muestran las características físico - mecánicas de la cantera Salcedo, límite líquido 27.44%, límite plástico 17.16%, tipo de suelo A-2-4 (clasificación AASHTO), densidad seca de 2.21 gr/cm³, contenido de humedad óptimo 6.89%, un CBR de 31.97% y 56.37% (CBR al 95 y 100% respectivamente), en base a los ensayos de laboratorio. El estudio concluye que el suelo de la cantera no es favorable para la utilización en vías, de acuerdo a la normatividad del MTC y la AASHTO, los cuales son: el índice de plasticidad con 10.28% (MTC y AASHTO recomiendan IP menor a 7%); MDS 2.21gr/cm³ (MTC y AASHTO recomiendan valores superiores a 2.00gr/cm³); CBR (100%) igual a 56.37%, la normatividad recomienda un valor mayor al 60%. Sin embargo, la estabilización química con 0.09gr del aditivo Terra - Zyme, mejora el IP a un 6.34%, la densidad seca incrementa un 8.72%, y el CBR en un 32.10%. Por lo cual dicha cantera para su utilización en obras viales requiere de un mejoramiento o estabilización.

En el ámbito internacional, se tienen las siguientes investigaciones:

En el trabajo de Pérez (2020), se buscó evaluar propiedades físicas, químicas y mecánicas la adición de residuos de áridos reciclados y vidrio CRT en la estructura de una carretera, la investigación fue de tipo experimental, como población fueron consideradas las carreteras de Málaga, la muestra seleccionada consiste en el tramo de las conexiones viales de la carretera A357 y A367, del término municipal de Ardales, Málaga – España, concluye que los áridos reciclados presentaron menor densidad y mayor absorción de agua debido a su contenido de partículas

cerámicas, los resultados de Proctor modificado muestran que la densidad seca máxima en estado natural es de 1.92 gr/cm³ y 13.29% de contenido de humedad óptimo, mientras que para la adición de 10% de vidrio esta se incrementa hasta 2.05 gr/cm³ y disminuye a 11.01% para el contenido de humedad óptimo. Para el CBR (100%), se obtuvieron 65% adicional respecto a la condición original con la aplicación de vidrio de tubo de rayos catódicos como árido, en un 10%, logrando niveles excelentes de capacidad de carga, adecuados para conformación de las capas estructurales de una carretera.

Laica (2016), presentó en su investigación su objetivo general la determinación de la inclusión de polímeros reciclados en la resistencia mecánica para una sub base (proporciones de 0, 3, 6 y 9%), la investigación de tipo aplicada, las muestras constan de 3 muestras representativas de la cantera Alvarado Ortiz, Ambato – Ecuador, en función de la adición de polímeros, los instrumentos utilizados fueron las investigaciones de laboratorio. Los resultados del Proctor modificado muestran que la MDS disminuye en la medida que se agrega el polímero (0, 3, 6 y 9%), siendo: 1.92 gr/cm³, 1.91 gr/cm³, 1.84 gr/cm³ y 1.81gr/cm³ respectivamente para las muestras consideradas, el contenido de humedad óptimo decrece desde 10.4%, 10.05%, 9.60% y 9.40%, para el caso de CBR igualmente disminuye: 25%, 18.4%, 12.1% y 10.2% respectivamente, se concluye que la adición de polímeros afectan negativamente en la capacidad de soporte del suelo, indicando que dicho material no es adecuado para la estabilización de suelos.

En la investigación de Caamaño (2016), se tuvo como objetivo optimizar las propiedades físicas - mecánicas de un suelo tipo blando para subrasantes con la adición de ceniza de la cascarilla de arroz, para la mejora de la resistencia mecánica del suelo, consiste en una investigación de tipo experimental, la población de estudio considerada los suelos blandos de la carretera de Pasto a Genoy - Nariño - Colombia, la muestra considerada fue una calicata entre la progresiva K 3+000 al K 3+500, los instrumentos consistieron en los registros de laboratorio. La interpretación de los resultados indica que la incorporación de la ceniza de cascarilla de arroz (CCA) adicionado de 0,2,4 y 6% en peso, afectan al límite líquido con la disminución de 6.10% con adición de 2% de CCA, mientras que con 6% de

CCA, no hubo variación. En caso del límite plástico, se presentaron incrementos de 4.5%, 13% y 3.8% respectivamente, en caso del índice de plasticidad se dio una disminución de 27.3% para la adición del 2%, una reducción de 12.5% para 4% de CCA y un descenso de 14.3% para 6%. La influencia en el módulo resiliente indica que para un 2% de adición esta se incrementa en 17.8%, un 4% de CCA incrementa en un 21.7%, sin embargo, un 6% de CCA, disminuye la resistencia en 3.9%. Concluyendo que un 4% de adición de CCA, brinda mejores características en la mejora de las características físico - mecánicas del suelo.

The review of research related to the objectives are:

Blayi, Sherwani, Ibrahim, Faraj and Daraei (2020), presented in their scientific paper entitled "Strength improvement of expansive soil by utilizing waste glass powder" , which consisted of seeking to improve the expansive soils since they lose support capacity when moistened, causing a volumetric change, they propose to improve the soils with the addition of waste glass powder (WGP), this was crushed and mixed with the soil samples in proportions of 2.5%, 5%, 10%, 15% and 25% of the dry weight of the soil. Soil samples were taken from the road Hamilton Soran - Jundean in the city of Soran - Iraq with a depth of 1 to 2.7 m. Several laboratory tests were performed for the samples with the addition of WGP percentages, consider Atterberg limits, compaction, unconfined compressive resistance (UCS), direct shear resistance, and CBR. The analysis of results obtained indicated that the plasticity index of the natural soil was 19.39%, with the modified Proctor test a maximum dry density 1.74gr / cm³ and 18.50% of maximum moisture content, a CBR of 4.50%, the addition of recycled glass of proportion with respect to the samples, the increase of the addition of recycled glass reduces the plasticity index to 19, 17, 16, 14 and 8% respectively, the density Maximum dryness increases proportionally from 1.77, 1.81, 1.87, 1.94 and 1.90gr / cm³, the CBR index presented values of: 5.60%, 7.20%, 9.90%, 12.20% and 10.80%. According to the results of the aforementioned tests, the addition of glass powder in expansive soils favorably affects the consistency and resistance of the soil, reaching 15% of added glass powder as an optimal percentage, since above this proportion negatively influences resistance.

For soil stabilization, Gowtham, Naveenkumar, Ranjithkumar, Vijayakumar and Sivaraja (2018), investigated the addition of recycled glass and plastic dust in clay soils, because they have engineering properties generally undesirable due to wetting among other physical disturbances, so it requires stabilization, with laboratory tests as the Atterberg boundaries, compaction test and CBR. The glass powder and plastic waste material is added in proportions of 0%, 2%, 4%, 6% and 8%, with material used was extracted in Manalmadu – India. The results obtained indicate that the initial soil without stabilization presents a plasticity index of 14.90%, maximum dry density of $1.87 \text{ gr} / \text{cm}^3$, optimal moisture content of 17.63%, a CBR of 8.50%, the addition of 0%, 2%, 4%, 6% and 8% indicate that the CBR penetration values for 5mm, 5.12%, 7.63%, 8.50% and 7.22% respectively. Concluding that the stabilization for the construction of pavements was obtained an optimal addition of 6%, which improves the bearing capacity with respect to the initial condition.

Rose, Jolly, Mareena and Thomas (2017), investigated the use of glass dust residues in geotechnical applications, to evaluate their effects on the compressibility and CBR resistance of clay soil, with laboratory tests of unconfined compression tests and CBR testing. Glass dust was added in 0%, 2%, 4%, 6%, 8% and 10% proportion, additionally the elimination of waste that comes from industries are a big problem since they are a threat to the environment, especially with non-biodegradable waste or that have very long decomposition periods in the case of glass, therefore it is a solution the reuse in useful products, as an alternative to recycling, the crushed recycled glass powder had a size less than 0.075 mm, the clay soil was collected from a construction site located in Kuttanadu, at a depth of 7 m, direct cutting tests, UCC and CBR were performed. As results it was found that the analysis soil had a plasticity index of 50%, MDD $1,464 \text{ gr} / \text{cm}^3$, 34% of optimum moisture content, and a CBR of 3%, the samples stabilized with glass, indicated an increase in the maximum dry density to: 1.47, 1.48, 1.49, 1.47 and $1.46 \text{ gr} / \text{cm}^3$ respectively, while for the CBR index we have 4.38, 7.29, 12.80 and 7.20%. In conclusion, it is possible to stabilize a clay soil with waste materials with an optimal value of 8%, the dry density value of the soil is also increased. Glass dust is industrial waste and can be inexpensive and waste management can also be efficient in reducing threats to the environment.

La revisión de artículos científicos relacionados con la investigación se presenta a continuación:

Campos, Urbina y Tamayo (2021), en su investigación buscaron evaluar las potencialidades físicas y mecánicas del vidrio triturado para su uso como agregado en la producción de materiales de construcción, que permitan su aprovechamiento, dando como resultado que el vidrio presenta alta resistencia frente a la abrasión para elementos de hormigón, lo cual permite ser utilizado en pavimentos y carreteras. La trituración del vidrio obtiene partículas que pasan una malla con aberturas menores a 5mm, también pueden considerarse un material puzolánico, de acuerdo a la norma ASTM C618, haciendo viable la sustitución de ciertos materiales tradicionales, además de brindar beneficios económicos y medio ambientales, al aprovechar el vidrio para su reutilización y otorgarle una utilidad práctica.

La investigación de Mas, García y Marco (2016), tuvo el objetivo de realizar el análisis de viabilidad desde el punto de vista ambiental para la aplicación de morteros y polvo de vidrio para la estabilización de suelos, además estudió la toxicidad al utilizar el vidrio para la estabilización de suelos, debido a que el material tiene la finalidad de estar expuesto a la intemperie, y puede ser afectado con el agua de las precipitaciones pluviales, agua superficial o aguas subterráneas, ya que pueden provocar la lixiviación. Los resultados obtenidos fueron comparados con la legislación vigente, los cuales determinaron que la inclusión del vidrio es viable para la estabilización de suelos, además aumenta la superficie reactiva, y ante la presencia de humedad forma el Gel de Silicato de Calcio hidratado, lo cual proporciona al suelo estabilizado la capacidad de auto repararse, frente a las deformaciones. Para ello se aplicaron en un mortero con ligante y arena en una relación 2,75 a 1 y una relación agua a ligante: 0,52, el ligante estuvo compuesto por 80% de vidrio y el 20% es cemento Portland, dando como resultado una alternativa sustentable para el mejoramiento de suelos.

A continuación, se presentan los enfoques conceptuales consideradas en la investigación:

El vidrio es un material cerámico utilizado en la construcción se caracteriza por ser homogéneo, transparente, compacto y resistente ante los efectos atmosféricos. La

fabricación es en base a cuarzo, potasa y sosa, le dan propiedades de transparencia, inalterabilidad y resistencia frente a altas temperaturas, del silicato de potasio y óxido de plomo se elabora el cristal; del silicato de sodio y la adición de cal se fabrica el vidrio común y la mezcla del silicato de potasio y cal produce vidrios resistentes a las temperaturas elevadas. Los vidrios y los cristales son elaborados con silicatos de sodio y potasio con adiciones de magnesio, aluminio y óxidos de hierro, presentan un ligero color verdoso por la presencia de hierro en sus materias primas. Es un material muy resistente al agua y los ácidos, tienen poco brillo, su composición química consiste en: 70-75 % de Sílice; de un 12-18 % de Sodio; de un 0-1 % de Potasio; entre un 5- 14 % de Calcio; desde un 0,5 a 3% de Aluminio; de 0-4 % de Magnesio⁷.

El reciclaje del vidrio inicia con la separación y recuperación de los materiales. Posteriormente un procesamiento Intermedio, consiste en la separación en dos sub - etapas⁸:

- a) Selección: selección del material para ser reutilizado.
- b) Trituración: Consiste en romper los residuos de vidrio utilizando un martillo.

Para facilitar su manejo, se carga a un molino dependiendo del espesor de las partes de vidrio procesadas. Por último, es descargado del molino y son tamizados haciéndolo pasar por una malla de 5 mm de abertura. Finalmente, la recolección y transporte permite distribuir el vidrio para elaborar vidrio nuevo en plantas de elaboración de vidrio con materia extraída del proceso de reciclado⁸.

El suelo es un material importante en obras civiles, ya que sobre él se apoyan los cimientos para las edificaciones⁹.

⁷ Gutiérrez, L. El concreto y otros materiales para la construcción. Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2003. ISBN 958-9322-82-4.

⁸ Campos, Silvia, Urbina, María y Tamayo, Daynier. 2021. Potencialidades del vidrio triturado como material de construcción. Holguín : Universidad de Holguín, Holguín, Cuba, 2021.

⁹ Gana, A. J. y Tabat, J.B. 2017. *Clay soil stabilisation using powdered glass* . Nigeria : Department of Civil Engineering of Landmark University, International Journal of Engineering and Emerging Scientific Discovery, 2017. ISSN: 2536-7269.

Un suelo es arcilloso generalmente presenta granos finos, compuesto por arcilla, que a su vez son partículas sedimentarias o minerales muy finos, hechos de silicatos de aluminio hidratado¹¹.

Los suelos arcillosos presentan propiedades inadecuadas en ingeniería, ya que tienen baja resistencia al esfuerzo cortante, que se reduce más cuando existe presencia de agua, son generalmente plásticos y compresibles, cuando se mojan y se contraen al secarse, lo que lo hace indeseable¹⁰.

Los suelos inestables se encuentran en muchos lugares del mundo y son un problema para construir carreteras, estructuras, sistemas de riego y cimentaciones, por la baja capacidad de carga y resistencia cortante, por ello una alternativa para mejorar el suelo se conoce como estabilización, en la actualidad existen varios métodos y materiales empleados para este fin, pero no son rentables en algunos casos o no son respetuosos con el medio ambiente¹¹.

Los materiales que se utilizan para la estabilización de suelos, incluyen desde cenizas volantes, carbón mineral, fibras de polímeros, residuos cerámicos, vidrio reciclado, polvo de rocas y residuos de neumáticos, que representan una alternativa para el mejoramiento de suelos inestables¹².

Existen beneficios ecológicos al utilizar materiales alternativos, al reutilizar residuos no reciclados para aplicaciones útiles, como la estabilización de suelos¹³.

¹⁰ Olufowobi, J. y and others. 2017. *Clay Soil Stabilisation Using Powdered Glass*. Nigeria : Department of Civil Engineering of University of Technology Akure, International Journal of Engineering and Emerging Scientific Discovery, 2017.

¹¹ Syed, Aaqib y Sudipta, Chakraborty. 2020. *Effects of waste glass powder on subgrade soil improvement*. Bangladesh : World Scientific News , 2020. EISSN 2392-2192.

¹² Gusmão, Fabio y and others. 2020. Estabilization of caolinit clayey soil with glass waste and rock dust waste pulverized in high energy mill. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de 08 de 2021.] <https://www.ijaet.org/media/1154-IJAET1301428-v13-i1-pp1-12.pdf>. ISSN 22311963.

¹³ Canakci, Hanifi, Al-Kaki, Aram y Celik, Fatih. 2016. *Stabilization of clay with waste soda lime glass powder*. Turkey : Department of Civil Engineering, University of Gaziantep, Procedia Engineering, 2016. DOI 10.1016/j.proeng.2016.08.705.

Acciones como el reciclaje pueden ayudar a reducir la demanda de recursos naturales, ayudando a conseguir un medio ambiente sostenible. El vidrio es un material que no se aprovecha en muchos lugares, como ejemplo se tiene que, en los estados unidos en el 2001, 11 millones de toneladas terminaban como residuos, apenas un 22% fue reciclado, en Australia, se utilizan 850 000 toneladas de vidrio, del cual solo el 40% es reciclado, el resto es enterrado en vertederos de residuos. La biodegradación del vidrio toma 450 años aproximadamente¹⁴.

La subrasante es definida como el nivel superior del movimiento de tierras (corte o relleno) establecida previamente en el proyecto, sobre el cual se soporta las capas estructurales del pavimento la cual consiste en subbase, base y carpeta de hormigón o asfalto¹⁵.

La subrasante consiste en el suelo subyacente que sirve como cimentación para las capas de pavimento, es una capa de materiales compactados capaz de soportar dicha estructura¹⁶.

La capacidad de resistencia o soporte en subrasantes bajo condiciones en modo de servicio, es decir con tránsito, son clasificadas en función a sus materiales, se clasifican en cinco categorías (S0, S1, S2, S3 y S4)¹⁷.

Son considerados materiales aptos para subrasante aquellos suelos con un índice CBR igual o mayor a 6%, caso contrario, se recomienda eliminar el material que resulte inadecuado para reemplazar con material con índice CBR mayor al 6%; para su estabilización¹⁷.

¹⁴ Salamatpoor, Sina y Salamatpoor, Siavash. 2017. *Evaluation of adding crushed glass to different combinations of cement - stabilized sand*. Iran : Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, GEO-Engineering, 2017. <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0044-0>.

¹⁵ MTC. Manual de Ensayo de Materiales. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones - Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016.

¹⁶ Merritt, Frederick, Loftin, Kent y Ricketts, Jonathan. 2004. Manual del Ingeniero Civil. México D.F. : Mc Graw Hill Interamericana, 2004. ISBN 970-10-2254-8.

¹⁷ MTC. Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.

Determinar las propiedades físico - mecánicas del suelo son obtenidas para ser correlacionadas con su resistencia y la permeabilidad, estos son el peso específico, la granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de humedad, su clasificación y su densidad seca y óptimo contenido de humedad. Con respecto a la capacidad de soporte se tiene el índice CBR¹⁸.

Para determinar las propiedades físico - mecánicas de un suelo utilizado para infraestructura vial, son necesarias las pruebas de laboratorio normalizadas, como el contenido de humedad, granulometría por tamizado, límites de consistencia, peso específico, ensayos de compactación y CBR¹⁹.

El objetivo del análisis granulométrico mediante tamizado (ASTM D 422 -MTC E107) es determinar de forma cuantitativa la distribución de las partículas que conforman un suelo en base a sus tamaños²⁰.

Tabla 1: Gradación de suelos.

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	A-1	A-2	C	D	E	F
50 mm (2")	100					
37.5 mm (1 ½")	100					
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (¾")	65-100	80-100				
9.5 mm (3/8")	45-80	65-100	50-85	60-100		
4.75 mm (N°4)	30-65	50-85	35-65	50-85	55-100	70-100
2.0 mm (N° 10)	22-52	33-67	25-50	40-70	40-100	55-100
425 µm (N° 40)	15-35	20-45	15-30	25-45	20-50	30-70
75 µm (N° 200)	5-20	5-20	5-15	5-20	6-20	8-25

Fuente: Manual de carreteras de bajo volumen de tránsito (MTC, 2008).

La distribución granulométrica adecuada debe estar dentro del intervalo de los porcentajes que pasan los diferentes tamices indicados en la tabla 1, que corresponden a materiales adecuados para capas de afirmado en obras viales.

¹⁸ Menéndez, José. 2016. Ingeniería de pavimentos. Lima : Instituto de la construcción y gerencia, 2016. ISBN 978-612-4280-15-3.

¹⁹ Montejo, Alfonso. 2002. Ingeniería de pavimentos para carreteras. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2002. ISBN 958-96036-2-9.

²⁰ ASTM. 2007. ASTM D 422 - 63 (2007) e2. Standard Test Method For Particle - Size Analysis of soils. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2007.

El contenido de humedad del suelo es determinado en base a la ASTM D 2216 y MTC E108, expresado como un porcentaje, entre la cantidad de agua en peso del suelo y el peso únicamente de las partículas sólidas²¹.

Se calcula el contenido de humedad, mediante la siguiente fórmula¹⁵:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de suelo seco}} \times 100 ; W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Dónde:

W = Contenido de humedad, (%).

M_{cws} = Peso del recipiente con suelo húmedo (gr).

M_{cs} = Peso del recipiente con suelo seco (gr).

M_c = Peso del recipiente (gr).

M_w = Peso de agua (gr).

M_s = Peso de partículas sólidas del suelo (gr).

Para efectuar el ensayo del contenido de humedad la masa mínima a someter para los ensayos debe cumplir las especificaciones de la siguiente tabla:

Tabla 2. Cantidad mínima de muestra - ensayos de contenido de humedad.

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenido de humedad	
		a ± 0.1%	a ± 1%
2 mm o menos	2.0 mm (N°10)	20 g	20 g
4.75 mm	4.776 mm (N°4)	100 g	20 g
9.5 mm	9.525 mm (3/8")	500 g	50 g
19 mm	19.050 mm (3/4")	2.5 Kg	250 g
37.5 mm	38.10 mm (1 1/2")	10 Kg	1 Kg
75 mm	76.20 mm (3")	50 Kg	5 Kg

Fuente: Manual de ensayos de materiales (MTC, 2016).

La gravedad específica es una propiedad física de los suelos, indica la cantidad en peso por unidad de volumen²².

²¹ ASTM. 2019. *ASTM D 2216 - 19. Standard Test Methods For Laboratory Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil And Rock By Mass*. West Conshohocken. PA : ASTM International, 2019.

²² ASTM. 2014. *ASTM D 854 - 14. Standard Test Methods For Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer*. West Conshohocken. PA : ASTM International, 2014.

Los límites de consistencia también conocidos como límites de Atterberg se establecen para los diferentes cambios entre los estados físicos del suelo, dependiendo del contenido de humedad, los cuales son fase sólida, semisólida, plástica y líquida²³.

Los límites de consistencia son útiles, para ser correlacionadas con su comportamiento para ser utilizados en obras de ingeniería, eso incluye características como la compresibilidad, la permeabilidad, su compactación, la contracción o expansión y su resistencia mecánica¹⁵.

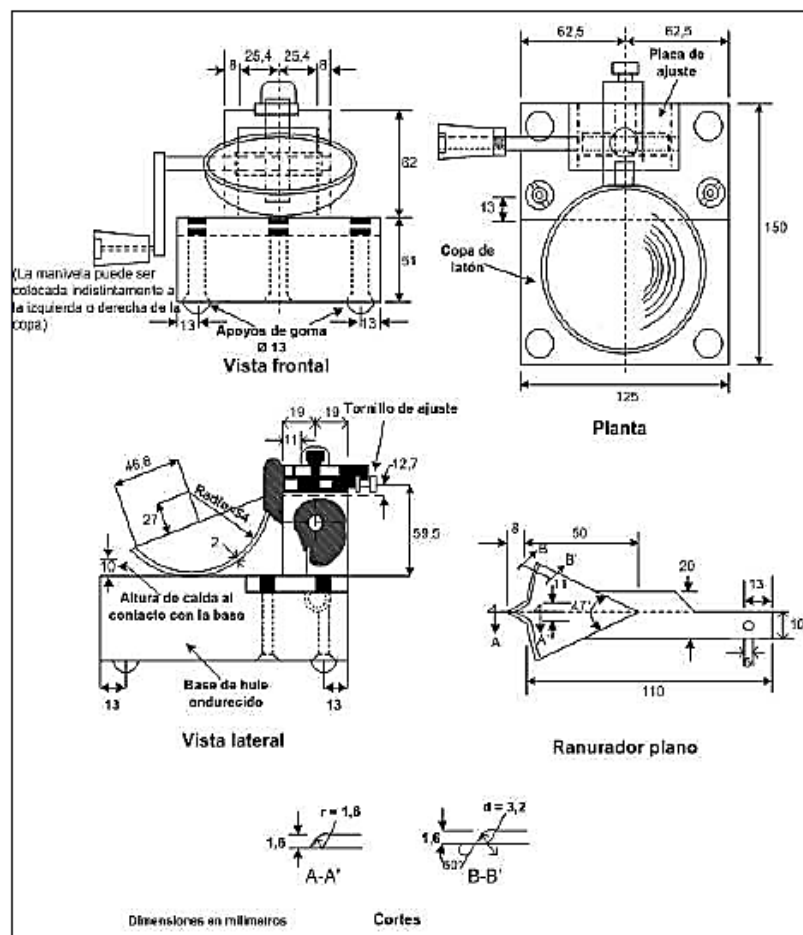


Figura 1. Equipo manual para determinar el límite líquido.
Fuente: Manual de carreteras – suelos y pavimentos (MTC, 2014).

El Límite líquido de los suelos o (LL), se define bajo las normas ASTM D1241 o MTC E110, se refiere al contenido de humedad (%), cuando el suelo se encuentra

²³ ASTM. 2017. *ASTM D 4318 - 17 e1. Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils*. West Conshohocken : ASTM International, 2017.

entre los límites de los estados plástico y líquido. Se considera al contenido de humedad considerando un surco separador por la mitad de una pasta de suelo, que se cierra por una distancia de $\frac{1}{2}$ ", al hacer caer la cuchara de Casagrande unas 25 veces de una altura de 1.0 cm, con una velocidad de 2 caídas por segundo¹⁵.

Se considera una muestra entre 150 gr a 200 gr del material que pasa el tamiz de 425 μm de abertura (Nº 40), se utiliza el método de cuarteo de muestras. Las muestras a ensayar deben ser mezcladas sobre un recipiente mediante una espátula para obtener una porción representativa¹⁵.

El Límite plástico de los suelos (LP), se desarrolla bajo la norma ASTM D1241 y MTC E111, se refiere al volumen de la humedad por el cual un suelo deja de estar en estado plástico hacia el estado semiplástico¹⁹.

“Se define al límite plástico (LP) como un contenido de humedad mínimo para formar barritas de suelo de 3,2 mm de diámetro, al rodar una muestra de suelo con la palma de una mano contra una superficie, evitando que se desmoronen dichas barras”¹⁵.

El límite plástico considera el promedio de la medición de los contenidos de humedad de dos muestras, expresada con aproximación al entero:

$$\text{Límite plástico} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo seco}} \times 100$$

El Índice de plasticidad (IP), se desarrolla bajo la norma ASTM D1241 y MTC E110, E111, es definido como la característica que consiste en la diferencia entre el LL y LP, indica la humedad con la cual una muestra de suelo se mantiene en estado plástico justo antes de pasar al estado líquido¹⁹.

$$\text{IP} = \text{LL} - \text{LP}$$

Tabla 3. Índice de plasticidad en diferentes tipos de suelo

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
$IP > 20$	Alta	Suelos muy arcillosos
$IP \leq 20, IP > 7$	Media	Suelos arcillosos
$IP < 7$	Baja	Suelos poco arcillosos
$IP = 0$	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente: Manual de carreteras de bajo volumen de tránsito (MTC, 2014).

Se debe considerar que la presencia de arcilla puede afectar la estabilidad de una subrasante debido a la sensibilidad que tiene frente al agua, por ello es adecuado un $IP < 7$ ²⁴.

La clasificación de los suelos utilizados para construcción de vías deberá ser bajo los sistemas AASHTO y SUCS²⁴.

El sistema AASHTO, para clasificar suelos se basa en grupos, tomando características como la granulometría, límite líquido e índice de plasticidad, además de un índice de grupo⁹.

El Índice de grupo, es definido por el MTC (2014), como un parámetro fundamentado en los límites de consistencia o también conocidos como Atterberg, es un valor entre 0 y 20, y se expresa como:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (a.c) + 0.01 (b.d)$$

Donde:

a : F – 35 (% que pasa el tamiz N°200, entre 1 y 40).

b : F – 15 (% que pasa el tamiz N°200, entre 1 y 40).

c : LL – 40 (entre 0 y 20).

d : IP – 10 (entre 0 y 20 o más).

²⁴ MTC. Manual de carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.

Tabla 4. Clasificación de suelos sistema AASHTO.

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por el tamiz 0.075 mm (N°200)							Suelos finos Mas de 35% pasa el tamiz 0.075 mm (N°200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Clasificación de Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Análisis granulométrico % que pasa el tamiz:												
2 mm (N°10)	Máx .50											
0.425 mm (N°40)	Máx .30	Máx .50	Min. 51									
F:0.075 mm (N°200)	Máx .15	Máx .25	Máx. 10	Máx .35	Máx .35	Máx .35	Máx .35	Min. 36	Min. 36	Min .36	Min .36	Min .36
Características de la fracción que pasa el tamiz N° 40												
Limite liquido (LL)				Máx .40	Min. 41	Máx .40	Min. 41	Máx .40	Min. 41	Min .40	Min .41	Min .41
Índice de plasticidad (IP)	Máx .6	Máx .6	NP	Máx .10	Máx .10	Min. 11	Min. 11	Máx .10	Máx .10	Min .11	Min .11	Min .11
Tipo de material	Piedra, grava y arena		Aren a fina	Gravas y arenas, limosas o arcillosas				Suelo limoso		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante.	Excelente a bueno						Regular a insuficiente					

Fuente: Manual de carreteras – suelos y pavimentos (MTC, 2014).

Tabla 5. Clasificación de los suelos según Índice de Grupo.

Índice de Grupo	Suelo de sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG entre 4 a 9	Insuficiente
IG entre 2 a 4	Regular
IG entre 1 a 2	Bueno
IG ente 0 a 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos (MTC, 2014).

“El sistema SUCS fue desarrollado por Dr. Arturo Casagrande, quien identifica los suelos de acuerdo a su capacidad estructural y la plasticidad, también su comportamiento como material en la construcción en obras de ingeniería”⁹.

Es considerado:

1. Porcentaje de contenido de gravas, arenas y finos.
2. La forma de la curva granulométrica.
3. Características de la plasticidad y su compresibilidad.

Los tipos de suelos considerados para este sistema de clasificación se muestran en la tabla 6. Además, para realizar la clasificación se deben contar con los siguientes datos²⁵:

- Porcentaje de gravas (proporción pasante en tamiz de 76.20 mm y retenido en tamiz N° 4).
- Porcentaje de arenas (parte que pasa el tamiz N°4 o 4.72 mm y retenido en tamiz N° 200).
- Porcentaje de limos y arcillas (fracción que pasa el tamiz N° 200).
- Coeficiente de uniformidad (C_u) y coeficiente de curvatura (C_c).
- Límites de consistencia.

Tabla 6. Símbolos en clasificación SUCS

Tipo de suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Limite liquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Limite liquido alto (<50)	H

Fuente: Manual de carreteras – suelos y pavimentos (MTC, 2014).

²⁵ Das, B. *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. México D.F. : Thomson Learning, 2001. ISBN 970-686-061-4.

Figura 2: Carta de plasticidad

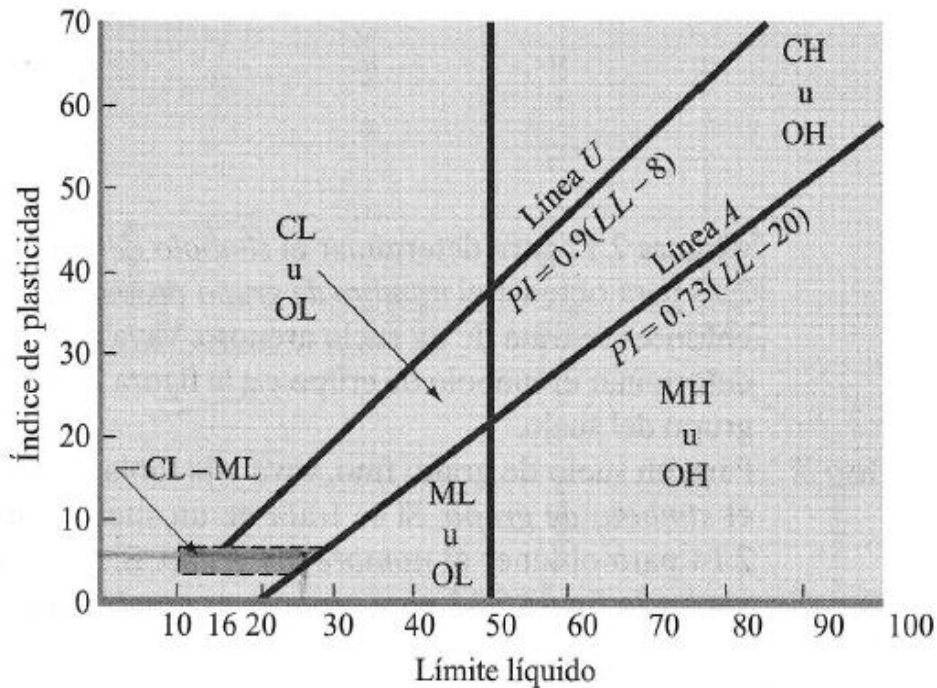


Figura 3: Carta de plasticidad

Fuente: Fundamentos de Ingeniería geotécnica (Das, 2001).

Tabla 7. Tipos de suelos clasificación SUCS.

Símbolo	Características Generales		
GW	Gravas (>50% en tamiz N°4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
GP			Pobremente graduadas
GM		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
GC			Componente arcilloso
SW	Arenas (<50% en tamiz N°4 ASTM)	Limpias (Finos < 5%)	Bien graduadas
SP			Pobremente graduadas
SM		Con finos (Finos > 12%)	Componente limoso
SC			Componente arcilloso
ML	Limos	Baja Plasticidad (LL < 50)	
CL		Alta Plasticidad (LL > 50)	
CH	Arcillas	Baja Plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta Plasticidad (LL > 50)	
OL	Suelos orgánicos	Baja Plasticidad (LL < 50)	
CH		Alta Plasticidad (LL > 50)	
Pt	Turba	Suelos altamente orgánicos	

Fuente: Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos (MTC, 2014).

Tabla 8. Correlación entre clasificación AASHTO y SUCS

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

Fuente: Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos (MTC, 2014).

La compactación de los suelos en laboratorio Proctor Modificado, se desarrolla con la ASTM D 1557 y MTC E115, la compacidad y/o densidad de un suelo es el grado de compactación. Es el incremento en la densidad y disminución de macro – porosidad en el suelo. La compactación sirve para aumentar la resistencia de los suelos, aumentando la capacidad de soporte de cargas. Para los controles de la compactación en el proceso de construcción, es imprescindible realizar las pruebas que permitan determinar la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo de los suelos²⁶.

La densidad máxima, se refiere al peso seco máximo, que produce la máxima densidad obtenido en la compactación de un suelo bajo la humedad óptima de manera preestablecida¹⁹.

El contenido de la humedad óptimo se refiere a la cantidad que existe de agua en el suelo para producir la máxima densidad seca¹⁹.

“El ensayo se refiere a compactación en el laboratorio, permite obtener una correlación entre el peso unitario seco y su contenido de humedad de los suelos, se utiliza moldes de \varnothing 4” y/o 6”, emplea un pisón de 44,50 N con una altura de caída de 457 mm, lo cual produce una energía de $(2700 \text{ KN} - \text{m} / \text{m}^3)$ ”¹⁵.

²⁶ ASTM. 2012. *ASTM D1557-12 e1. Standard Test Methods For Laboratory Compaction Characteristics Of Soil Using Modified Effort (56,000 ft lbf/ft³ (2 700 KN-m/m³))*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2012.

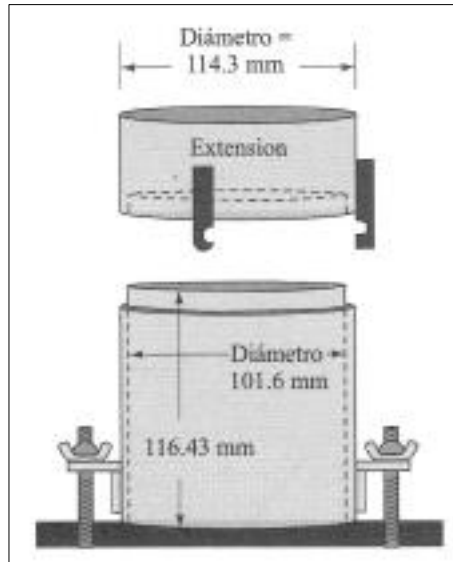


Figura 4. Molde de ensayo Proctor modificado (método A y B)

Fuente: Fundamentos de Ingeniería geotécnica (Das, 2001).

El suelo que se encuentra debajo de la subrasante, con una profundidad mínima de 30 cm, debe ser compactado para lograr un 95% de la densidad seca máxima del Proctor modificado²⁴.

Tabla 9. Especificaciones para la prueba Proctor modificado.

Descripción	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	4" (101.6 mm)	4" (101.6 mm)	6" (152.4 mm)
Volumen del molde	0.033 p3 (944 cm ³)	0.033 p3 (944 cm ³)	2124 cm ³
Peso del pisón	10 lb (4.45 kg)	10 lb (4.45 kg)	10 lb (4.45 kg)
Altura de caída del pisón	18" (304.8 mm)	18" (304.8 mm)	18" (304.8 mm)
Número de golpes por capa	25	25	56
Número capas	5	5	5
Energía de compactación	56 000 ft lb/p3	56 000 ft lb/p3	56 000 ft lb/p3
Energía de compactación	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³	2700 KN-m/m ³
Material	Se emplea el que pasa el tamiz N°4	Se emplea el que pasa el tamiz de 3/8"	Se emplea el que pasa el tamiz de 3/4"
Uso	Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz N°4	Cuando el 20% del peso del material es retenido en el tamiz N°4 y 20% o menos es retenido en el tamiz 3/8".	Cuando el 20% en peso del material es retenido en el tamiz 3/8" y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4".

Fuente: Fundamentos de Ingeniería geotécnica – ASTM D1557 (Das, 2001).

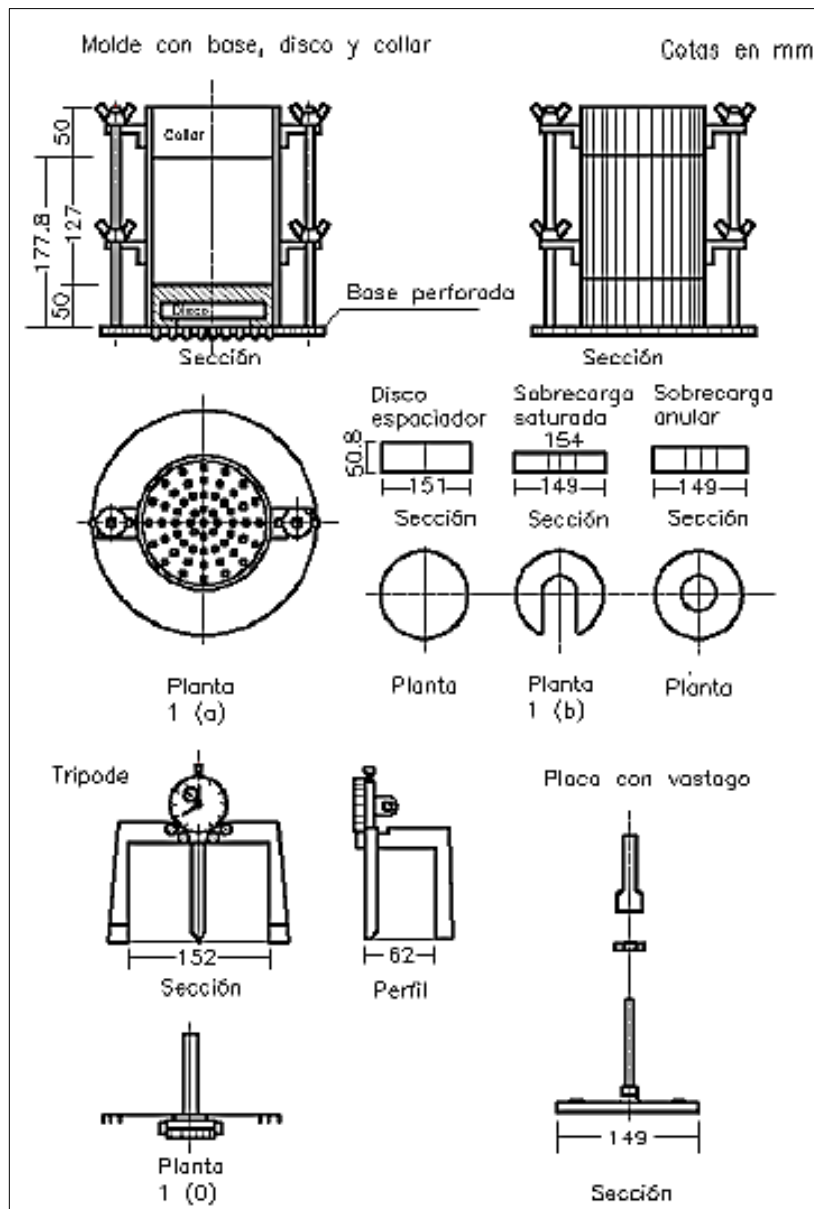


Figura 5. Molde del ensayo CBR

Fuente: Manual de carreteras – suelos y pavimentos (MTC, 2014).

El índice CBR o California Bearing Ratio, por sus siglas, es desarrollado en base a la ASTM D1883 y la MTC E 132, es una prueba de penetración y se emplea en la evaluación de la capacidad portante de los suelos compactados como para diseño de las carreteras²⁷.

²⁷ ASTM. 2016. *ASTM D 1883 - 16. Standard Test Method For California Bearing Ratio (CBR) Of Laboratory - Compacted Soils*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2016.

“El ensayo CBR se usa en la evaluación de las capas estructurales de una carretera, pavimentos de vías y pistas de aterrizaje”¹⁵.

Los suelos ubicados bajo la subrasante con una profundidad no menor de 60 cm deben contar con un CBR mayor o igual a 6%, caso contrario requiere una estabilización con el fin de garantizar la capacidad de soporte mínima²⁴.

La norma ASTM D1883, define el CBR como la relación de la presión ejercida para penetrar 2.54 mm de la muestra (0.1”) y la presión necesaria para obtener dicha penetración en un material arbitrario, determinar propiedades mecánicas del suelo, midiendo el esfuerzo requerido para penetrar una muestra de suelo a razón de 1.27mm/min a 0.10” y 0.20” de profundidad¹⁵.

Específicamente para la conformación de la subrasante se consideran suelos adecuados que cuenten con un $CBR \geq 6\%$, caso de obtener valores inferiores se deberá realizar una estabilización, mediante el mejoramiento con un material adecuado para modificar sus propiedades resistentes o reemplazar el suelo con uno adecuado¹⁵.

Tabla 10. Categorías de subrasante en función al CBR.

Categoría de Subrasante	CBR
S0 : Sub rasante inadecuada	CBR < 3%
S1 : Subrasante insuficiente	De CBR $\geq 3\%$ a CBR < 6%
S2 : Subrasante regular	De CBR $\geq 6\%$ a CBR < 10%
S3 : Subrasante buena	De CBR $\geq 10\%$ a CBR < 20%
S4 : Subrasante muy buena	De CBR $\geq 20\%$ a CBR < 30%
S5 : Subrasante excelente	CBR $\geq 30\%$

Fuente: Manual de carreteras – suelos y pavimentos (MTC, 2014).

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación considerado: aplicada, pues buscó resolver un problema de la realidad objetiva²⁸.

El diseño de la investigación, ha considerado un diseño de investigación experimental, definido como: “el proceso por el cual es sometido un objeto de estudio a condiciones previamente determinadas (variable independiente), y observar sus efectos (variable dependiente)”²⁹.

Diseño con posprueba únicamente y grupo de control²⁸.

RG 1	X 1	O 1
RG 2	X 2	O 2
RG 3	X 3	O 3
RG 4	-	O 4

Dónde:

RG₁: Grupo experimental o muestra aleatoria de suelo 1.

RG₂: Grupo experimental o muestra aleatoria de suelo 2.

RG₃: Grupo experimental o muestra aleatoria de suelo 3.

RG₄: Grupo experimental o muestra aleatoria de suelo 4.

x₁: Tratamiento - adición de vidrio triturado 4%.

x₂: Tratamiento - adición de vidrio triturado 7%.

x₃: Tratamiento - adición de vidrio triturado 10%.

O₁: Observación muestra 1 - adición de vidrio triturado 4%.

O₂: Observación muestra 2 - adición de vidrio triturado 7%.

O₃: Observación muestra 3 - adición de vidrio triturado 10%.

O₄: Observación muestra 4 sin adición de vidrio triturado (muestra patrón).

²⁸ Hernández, R., Fernández, C. y Baptista, M. *Metodología de la investigación*. México D.F. : Mc Graw Hill, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.

²⁹ Arias, F. *El proyecto de investigación*. Caracas : Episteme, 2016.

3.2. Variables y operacionalización

“Una variable aquella propiedad cuyo contenido puede variar y esta a su vez es susceptible de poder medirse y observarse de manera directa o indirecta”²⁸.

La operacionalización se define de acuerdo a Borja (2012): “aquel proceso por el cual se explica el procedimiento de medición de las variables consideradas en la hipótesis, para ello es necesario descomponerlas en indicadores que puedan medirse”.

Variable independiente: Vidrio triturado

Variable dependiente: Propiedades físico-mecánicas de suelos

3.3. Población, muestra y muestreo

La población se refiere a un conjunto de elementos de investigación de interés que tienen ciertas especificaciones²⁸.

La presente investigación consideró como población la sub rasante de la avenida Industrial, Tramo: Progresivas 0+000 al 2+730, del centro poblado de Salcedo – Puno.

Una muestra es definida como un subconjunto de una población, la cual pertenece a ese conjunto de la población total²⁸.

La muestra fue definida por una calicata (C – 01) de la sub rasante de la avenida Industrial, la cual conforma dicha vía⁶.

El muestreo consiste en un proceso de selección de elementos definido por las consideraciones de la investigación²⁸.

El muestreo aplicado fue no probabilístico, debido a que la selección de la muestra es por el investigador, al considerar una muestra de suelo de la subrasante para alcanzar los objetivos de la presente investigación.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La técnica considerada fue la observación estructurada o sistemática, que consiste en aquel proceso ordenado para conocer de manera directa al objeto de estudio, describirlo y realizar análisis³⁰.

El instrumento utilizado consiste en registros de observación, las cuales sirven para recolectar información de las muestras de estudio, considerando los objetivos e indicadores correspondientes de las variables de la investigación, de manera estructurada³⁰.

Los registros utilizados consisten en guías de laboratorio:

- Límite líquido, plástico y de plasticidad (MTC E110, E111 y ASTM D4318-84).
- Ensayo de Proctor modificado: (MTC E 115, ASTM D 1557).
- Ensayo CBR: (MTC E132 y ASTM D 1883).

La validez en la presente investigación es dada por medio de profesionales especialistas en ingeniería civil, al validar los instrumentos y los reportes del laboratorio de suelos,

La confiabilidad de los instrumentos de laboratorio utilizados, son respaldados con los certificados de calibración respectivos, para garantizar la confiabilidad de los datos obtenidos de los ensayos de laboratorio.

3.5. Procedimientos

La obtención de muestras de suelo de la subrasante de la avenida Industrial, con herramientas manuales y posterior traslado al laboratorio, donde se determinaron sus propiedades físico – mecánicas.

La obtención del vidrio triturado, inicia con la recolección del vidrio producto de residuos en vidrierías de la ciudad de Puno, fueron sometidos a molienda mecánica con una comba metálica hasta obtener la gradación de ASTM C 33-18, de gradación de agregados finos³¹.

³⁰ Bernal, C. *Metodología de la investigación*. Bogotá : Pearson Education, 2010. ISBN: 978-958-699-128-5

³¹ ASTM. 2018. *ASTM C33-18. Standard specification for aggregates for concrete*. West Conshohocken. PA : ASTM International, 2018.

Experimentación - mejoramiento de suelo de subrasante con incorporación del vidrio triturado, Se comenzó con la separación de las muestras en 04 grupos: 03 muestras incorporadas con los porcentajes de 4%, 7% y 10% de proporción en peso, iniciando con los límites de consistencia (LL, LP e IP), con la compactación del suelo (Proctor Modificado), posteriormente el ensayo. Paralelamente 01 muestra patrón sin incorporación de vidrio triturado, para comparar el incremento de la capacidad de soporte del suelo.

Tabla 11: Gradación de agregados de tamaño fino.

Tamiz	Porcentaje que pasa
4.75 mm (N°4)	95 - 100
2.36 mm (N°8)	80 - 100
1.18 mm (N°16)	50 - 85
600 µm (N°30)	25 - 60
300 µm (N°50)	5 - 30
150 µm (N°100)	0 - 10
75 µm (N°200)	0 - 3

Fuente: ASTM C 33-18 (2018).

3.6. Método de análisis de datos

Los análisis considerados fueron realizados en el software Microsoft Excel, el cual permite el registro de los datos producto de los ensayos de laboratorio, así mismo permite elaborar tablas y gráficos con los datos mencionados, para la elaboración de los reportes correspondientes y su presentación.

3.7. Aspectos éticos

La investigación considera los lineamientos de la Universidad César Vallejo, en base a las guías para la elaboración de trabajo de investigación y tesis para obtención de grados académicos y títulos profesionales, aprobada con resolución del vicerrectorado de investigación N° 011 – 2020 – VI - UCV, así como el reglamento de propiedad intelectual de la Universidad César Vallejo, aprobada con resolución de consejo universitario N°0168-2020/UCV, la ISO 690: 2010 (E)³² para las referencias bibliográficas, así como para la prevención del plagio se utilizó el software TURNITIN.

³² UA. 2012. *ISO 690:2010 (E)*. Alicante : Universitat d' Alicante, 2012.

IV. RESULTADOS

Ubicación geográfica

La ubicación se encuentra en la avenida Industrial, del centro poblado de Salcedo.

La localización es la siguiente:

Región: Puno.

Provincia: Puno.

Distrito: Puno.

Altitud: 3840 m.s.n.m.

Coordenadas (UTM WGS 84) 19 L: E 392106.89; N 8245528.31⁶

El objetivo general es determinar la influencia de la incorporación del vidrio triturado en las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la Av. Industrial, para ello se hicieron las pruebas de laboratorio mencionados en el marco teórico, considerando las proporciones de 4%, 7% y 10% de vidrio triturado incorporado en las muestras de suelo, el cual es suelo arcilloso tipo CL (arcilla de baja plasticidad con arena), existente en la conformación de la subrasante de la mencionada vía.

Localización geográfica

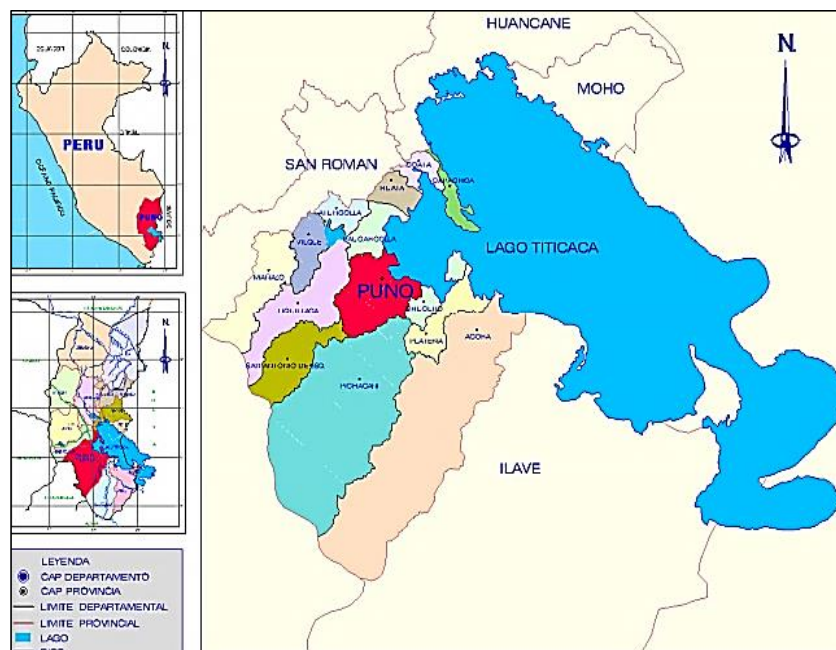


Figura 6. Ubicación del distrito de Puno.

Fuente: Plan desarrollo urbano de la ciudad de Puno (MPP, 2008).

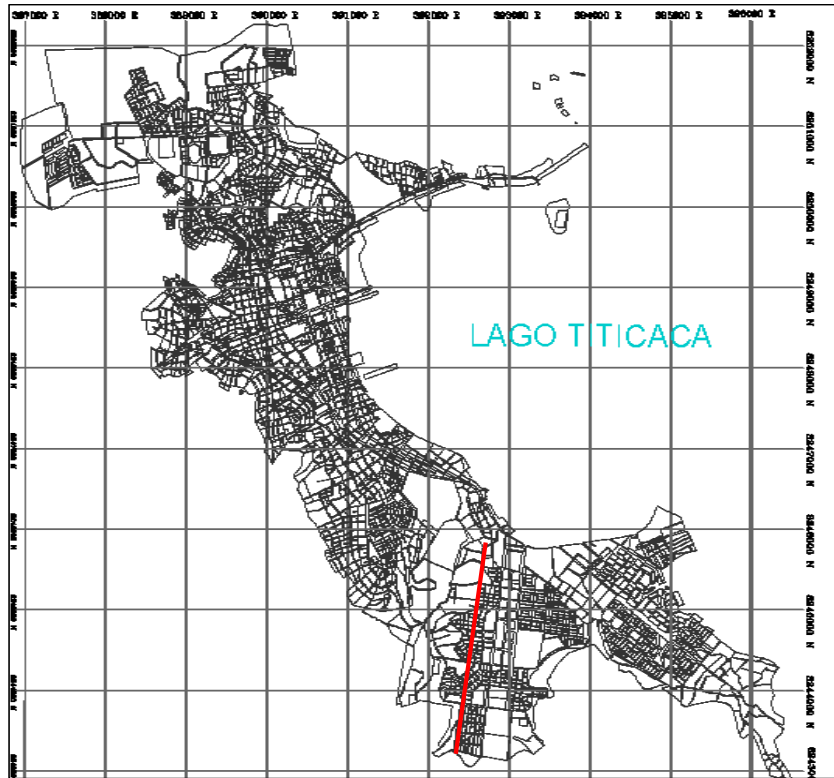


Figura 7. Ubicación de la Av. Industrial.
Fuente: Plan desarrollo urbano de la ciudad de Puno (MPP, 2008).

Extracción de las muestras

Se realizó la extracción de una muestra de la subrasante de la Av. Industrial para realizar los estudios en laboratorio para la presente investigación, la muestra fue denominada M – 01, la cual procede de la calicata C - 01.



Figura 8. Excavación calicata C - 01.
Fuente: Elaboración propia.

Tabla 12. *Ubicación de la muestra M - 01.*

Muestra	Prof.	Margen	Coordenadas		Altitud
M - 01	1.50 m	Derecho	392822 E	8244739 N	3840 msnm

Fuente: elaboración propia.

Trabajo de laboratorio

Se realizó 01 ensayo de granulometría (ASTM D 422 -MTC E107), la muestra fue extraída de la subrasante de la Av. Industrial, codificada como M - 01, con el propósito de determinar la distribución granulométrica de las partículas que conforman la muestra. Se realizó la clasificación de la muestra de suelo en base al sistema AASTHO y SUCS. Fue realizado 01 ensayo de límites de consistencia (MTC E110, E111 y ASTM D 4318-84) o Atterberg (límite líquido y límite plástico), así como también con los respectivos porcentajes de incorporación para determinar la influencia en la plasticidad de la muestra. Para el ensayo de Proctor modificado (ASTM D 1557), para evaluar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad, las muestras para dicho ensayo se tomaron de la siguiente manera: 01 ensayo en estado natural y 03 ensayos con las muestras individualmente y por separado del suelo de la M - 01, con adición del 4%, 7% y 10% de vidrio triturado. Además, se realizaron ensayos de CBR (MTC E132, ASTM D1883), con el propósito de determinar la resistencia del suelo, las muestras fueron tomadas de la siguiente manera: 01 ensayos con la M - 01 en estado natural, 03 ensayos con las muestras de suelo M - 01, con adición de 4%, 7% y 10% de vidrio triturado, los ensayos se realizaron en el laboratorio G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR.

La muestra M - 01, que fue utilizada en la presente investigación, fue manipulada con cuidado durante la extracción y traslado hacia el laboratorio, para que no se vean afectadas sus propiedades, los estudios fueron realizados respetando los parámetros establecidos por la normatividad (Manual de ensayo de materiales en laboratorio), los ensayos respectivos fueron realizados en el laboratorio mencionado, los reportes de los ensayos de laboratorio se presentan en los anexos, así como sus certificados de calibración de los equipos .

Para lograr el objetivo general que fue determinar la influencia de la incorporación del vidrio triturado en las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021, se realizaron ensayos de laboratorio como:

Análisis granulométrico de suelos (ASTM D 422 - MTC E107)

El ensayo permitió determinar la distribución granulométrica de las partículas que conforman la muestra M - 01, separando el tamaño de partículas en función al juego de tamices disponible en el laboratorio.



Figura 9. Análisis granulométrico por tamizado M - 01.



Figura 10. Obtención de pesos retenidos - análisis granulométrico por tamizado.

Tabla 13. Granulometría de la muestra M - 01.

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa
19 mm (3/4")				
12.5 mm (1/2")				100.00
9.5 mm (3/8")	4.87	0.84	0.84	99.16
6.3 mm (1/4")				
4.75 mm (N°4)	7.33	1.26	2.10	97.90
2.0 mm (N° 10)	22.28	3.84	5.94	94.06
840 µm (N° 20)	16.31	2.81	8.75	91.25
425 µm (N° 40)	19.25	3.32	12.07	87.93
300 µm (N° 50)				
250 µm (N° 60)	12.59	2.17	14.24	85.76
150 µm (N° 100)	16.63	2.87	17.11	82.89
75 µm (N° 200)	30.47	5.25	22.36	77.64
<75 µm (fondo)	450.42	77.64	100.00	

Fuente: Reporte de laboratorio.

La tabla 13, presenta un resumen del análisis granulométrico mediante el tamizado de la muestra M - 01, el porcentaje de partículas retenidas en el tamiz N° 200 es 77.64%, esto indica que la muestra es de gradación en función a las características granulométricas: Grava (2" – N°4) un 2.10%, arena (N°4 – N° 200) con 20.26% y finos (<N°200) un 77.64%.

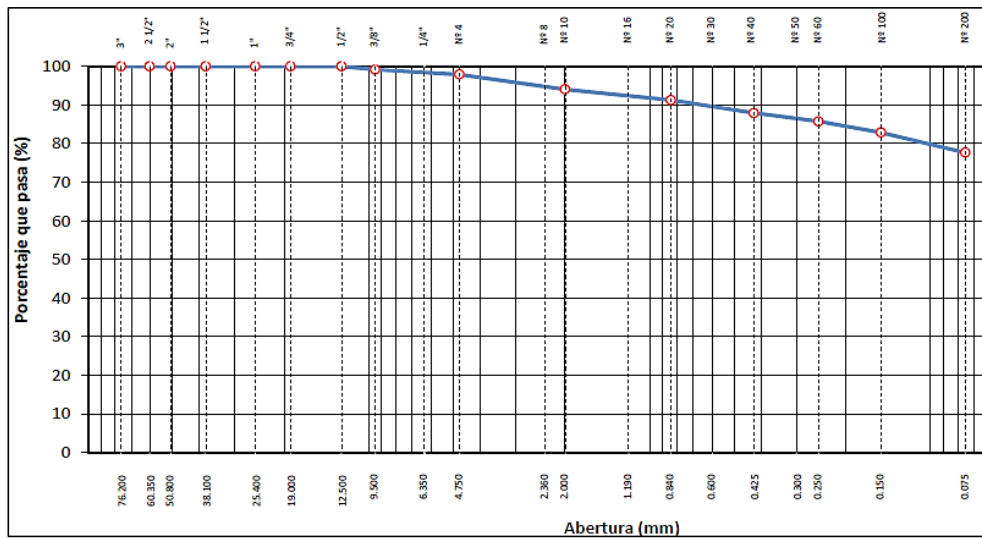


Figura 11 . Curva granulométrica M - 01.

Fuente: Reporte de laboratorio.

La muestra de suelo M - 01 fue clasificada con el sistema SUCS y AASHTO, también se obtuvo la humedad de la muestra patrón.

Tabla 14. Clasificación SUCS, AASHTO, contenido de humedad y Gs de la muestra M - 01.

Muestra	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad	Gravedad específica (gr/cm3)
M - 01	CL	A - 6 (12)	12.52 %	2.76

Fuente: Elaboración propia.

La clasificación en el sistema AASHTO indica A-6(12) un suelo malo para su utilización en vías, debido a la composición de la muestra, de acuerdo a la tabla 4, de clasificación de suelos para su uso en subrasantes según el índice de grupo es mayor a 9 (IG de la M - 01 = 12), lo cual lo clasifica como inadecuado, para el SUCS es definido como CL una arcilla de baja plasticidad con arena.

La gradación del vidrio triturado utilizado, fue referida a la ASTM C 33 - 18, de agregado fino, cuya granulometría es presentada en la tabla 15.



Figura 12. Trituración del vidrio.



Figura 13. Obtención de gradación de vidrio triturado.

Tabla 15. Granulometría del vidrio triturado.

Tamiz	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que pasa
6.3 mm (1/4")				100.00
4.75 mm (N°4)	54.96	2.50	2.50	97.5
2.0 mm (N° 10)	165.23	7.50	10.00	90.00
840 µm (N° 20)	495.45	22.50	32.51	67.49
425 µm (N° 40)	539.47	24.50	57.01	42.99
300 µm (N° 50)				
250 µm (N° 60)	550.40	25.00	82.01	17.99
150 µm (N° 100)	286.22	13.00	95.01	4.99
75 µm (N° 200)	77.00	3.50	98.51	1.49
<75 µm (fondo)	32.87	1.49	100.00	

Fuente: Elaboración propia.



Figura 14. Equipo de ensayo - Gravedad específica.



Figura 15. Ensayo de Gravedad específica.

Con la incorporación de la cantidad de vidrio triturado en las muestras, se presentaron variaciones en las características, ver tabla 16.

Tabla 16. Clasificación SUCS, AASHTO, contenido de humedad y Gs de la muestra M - 01 + % de vidrio triturado.

Muestra M - 01 + vidrio triturado	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Contenido de humedad	Gravedad específica (gr/cm ³)
M - 01	CL	A - 6 (12)	12.52 %	2.76
Experimento - 01 (4%)	ML	A - 6 (10)	-	2.75
Experimento - 02 (7%)	CL	A - 6 (7)	-	2.73
Experimento - 03 (10%)	CL	A - 6 (5)	-	2.69

Fuente: Elaboración propia.

El primer objetivo específico, el cual consiste en determinar la influencia del vidrio triturado en el porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021, se obtuvo lo siguiente:

Los límites de consistencia son importantes para determinar su clasificación del suelo, y conocer sus características físicas y mecánicas.



Figura 16. Limite líquido.



Figura 17. Limite plástico.

La tabla 17 muestra los resultados de los límites de consistencia, el resultado de la muestra ensayada determinó que el LL de la muestra M - 01 es 40%, límite plástico de 24%, la diferencia da resultado el índice de plasticidad igual a 16% según la tabla 3, está en el rango de $20 > IP > 7$ determinado con una plasticidad media,

propio de suelos arcillosos, que a su vez es un material inadecuado para subrasantes, ya que se recomienda un $IP < 7$.

Tabla 17. Límites de consistencia de la muestra M - 01.

Muestra	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
M - 01	40%	24%	16%

Fuente: Elaboración propia.

Así mismo se realizaron pruebas para determinar la influencia en los límites de consistencia mediante la incorporación del vidrio triturado en los porcentajes de 4,7 y 10%, presentados en la tabla 18.

Tabla 18. Límites de consistencia de la muestra M - 01 + vidrio triturado.

Muestra M - 01 + vidrio triturado	Límite Líquido (LL)	Límite Plástico (LP)	Índice de Plasticidad (IP)
Experimento - 01 (4%)	39%	25%	13%
Experimento - 02 (7%)	36%	23%	12%
Experimento - 03 (10%)	34%	23%	11%

Fuente: Elaboración propia.

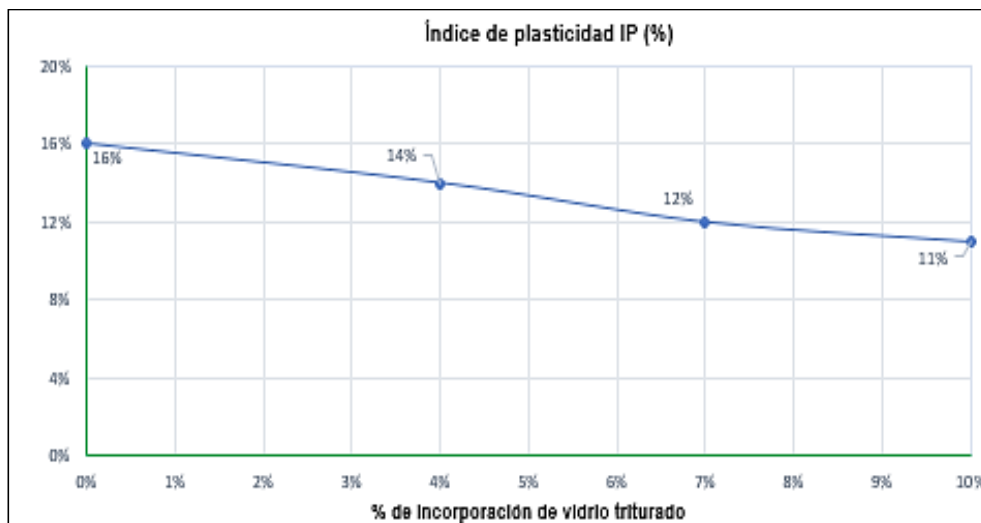


Figura 18. Curva - variación del índice de plasticidad (IP) muestra patrón + % de vidrio

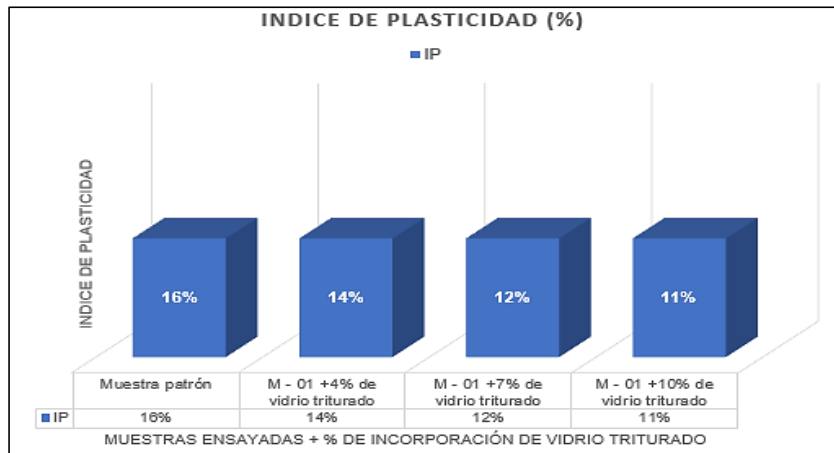


Figura 19. Variación del índice de plasticidad (IP) muestra patrón + % de vidrio triturado.

La figura 18 muestra la influencia de la incorporación del vidrio triturado, al obtener un IP de 16% en el suelo natural, cuando se incorpora un 4% de vidrio triturado el IP disminuye a 14%, una adición de 7% presenta un IP de 12%, el reemplazo de 10% de proporción en peso de vidrio triturado reduce el IP hasta un 11%, por tanto, afecta en la reducción del IP a razón que se va aumentando la proporción de vidrio triturado (%).

Para el objetivo específico 2, que consistió en determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021, fue utilizado el ensayo Proctor modificado, el método fue tipo "A". considerando el suelo de la muestra patrón y la incorporación del 4%, 7% y 10% de vidrio triturado.



Figura 20. Ensayo Proctor modificado - llenado del molde.



Figura 21. Ensayo Proctor modificado - compactación.

M - 01 (muestra patrón)

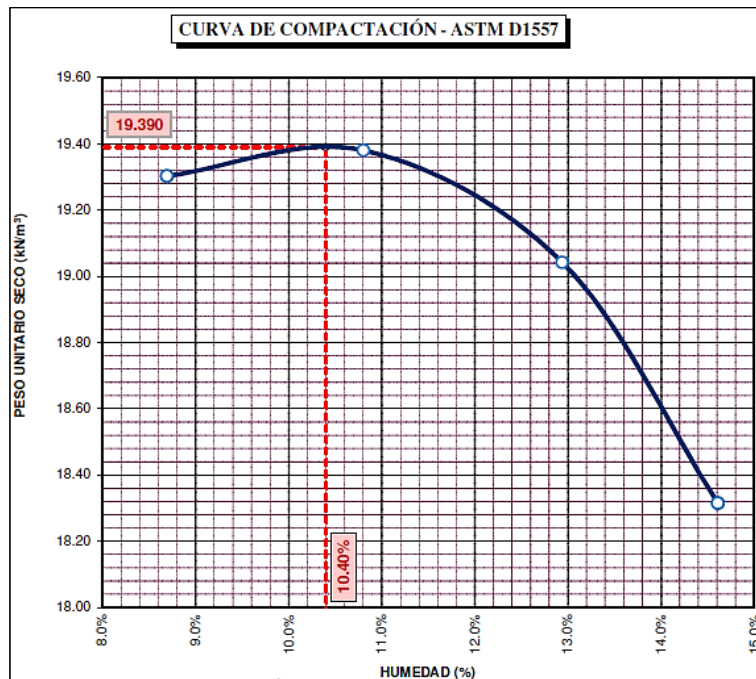


Figura 22. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón.

Fuente: Reporte de laboratorio - ensayo CBR - Elaboración propia.

Experimento 01 (M - 01 + 4% de vidrio triturado)

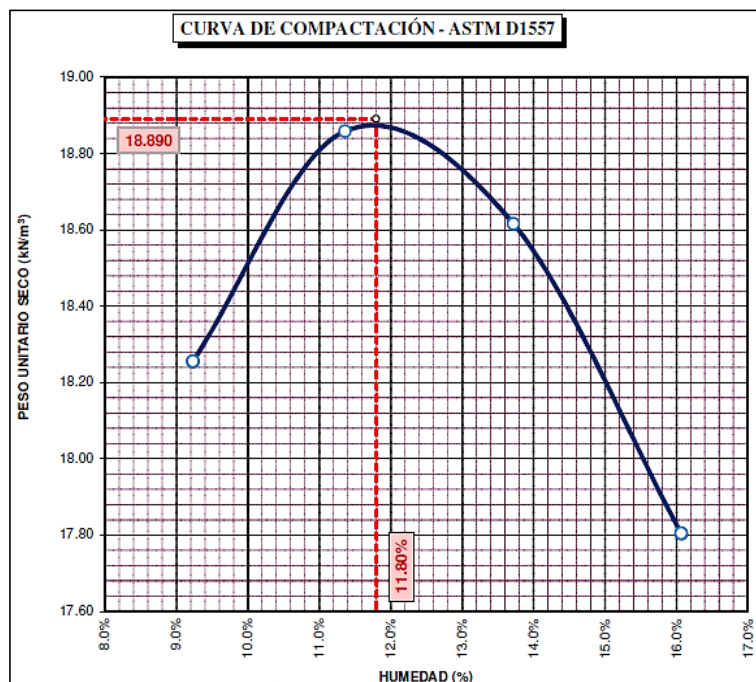


Figura 23. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón + 4% de vidrio triturado.

Fuente: Reporte de laboratorio - ensayo CBR - Elaboración propia.

Experimento 02 (M - 01 + 7% de vidrio triturado)

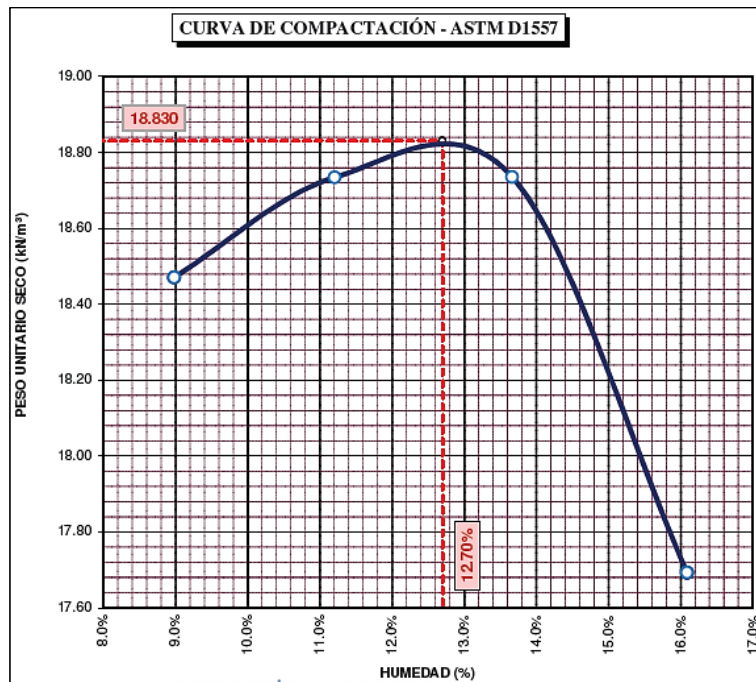


Figura 24. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón + 7% de vidrio triturado.

Fuente: Reporte de laboratorio - ensayo CBR - Elaboración propia.

Experimento 03 (M - 01 + 10% de vidrio triturado)

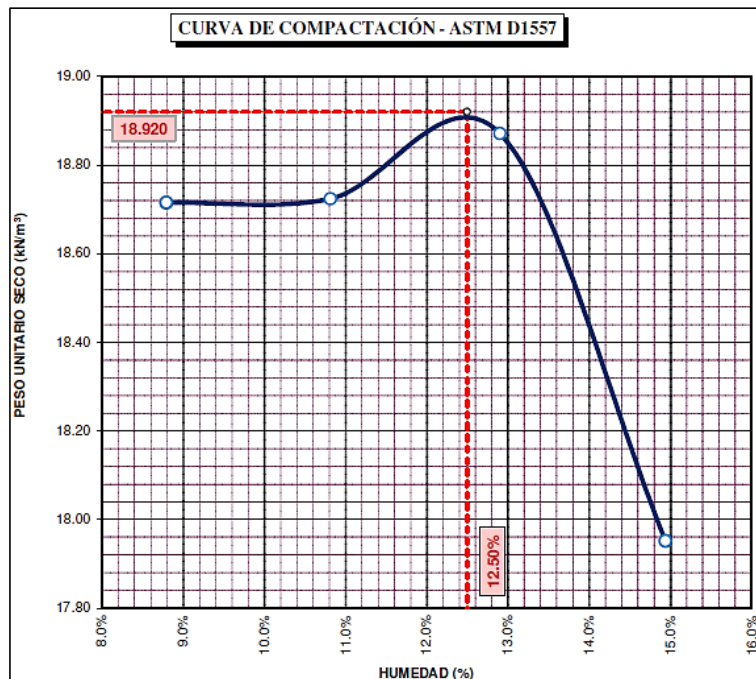


Figura 25. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y densidad máxima seca - muestra patrón + 10% de vidrio triturado.

Fuente: Reporte de laboratorio - ensayo CBR - Elaboración propia.

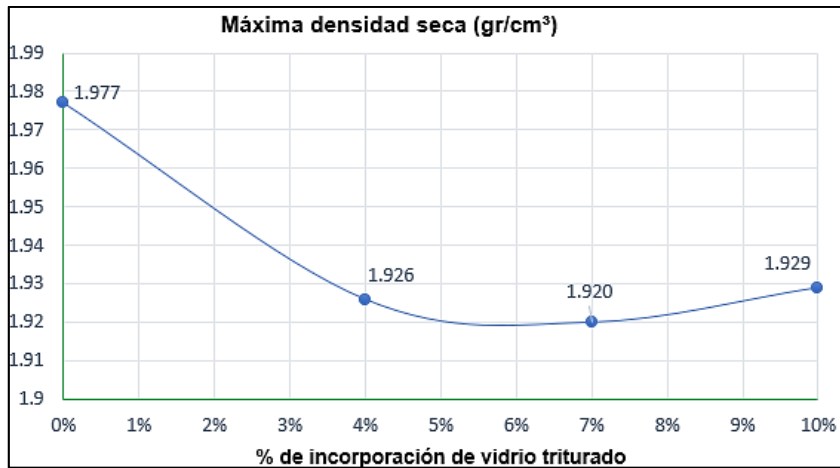


Figura 26. Curva - Relación entre la máxima densidad seca y el % de vidrio triturado.

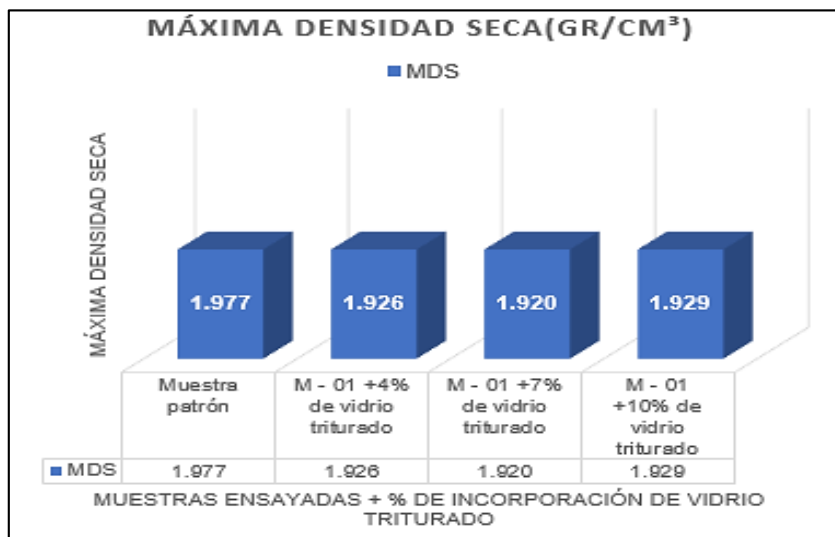


Figura 27. Variación - Relación entre la máxima densidad seca y el % de vidrio triturado.

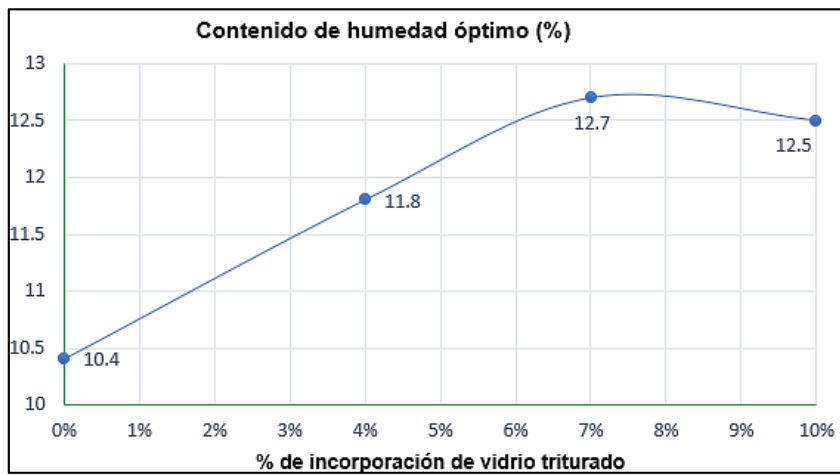


Figura 28. Curva - Relación entre el contenido de humedad óptimo y el % de vidrio triturado.

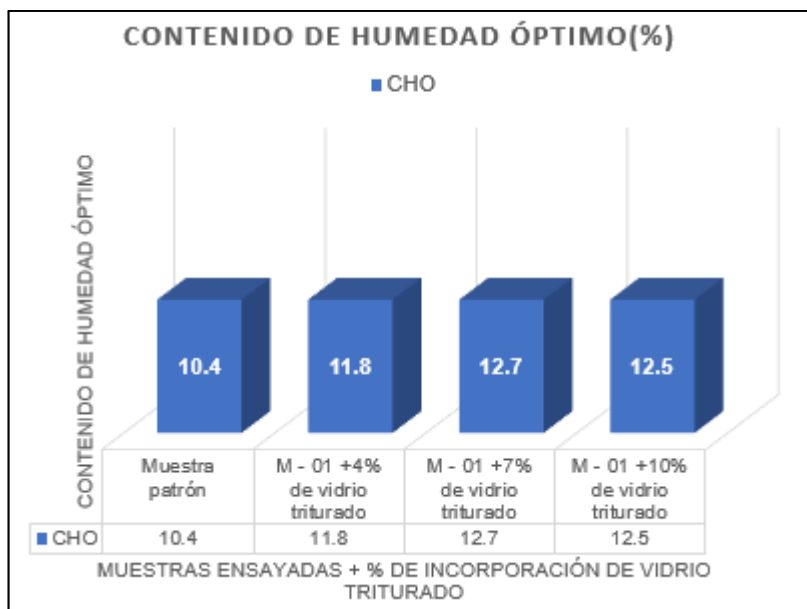


Figura 29. Variación - Relación entre el contenido de humedad óptimo y % de vidrio triturado.

Tabla 19. Resultados de ensayo Proctor modificado muestra M - 01 + vidrio triturado.

Muestra	Detalle	humedad óptima %	Peso unitario seco (KN/m3)	Peso unitario seco (gr/cm3)
M - 01	Muestra patrón	10.40	19.390	1.977
Experimento - 01	M - 01 +4% de vidrio triturado	11.80	18.890	1.926
Experimento - 02	M - 01 +7% de vidrio triturado	12.70	18.830	1.920
Experimento - 03	M - 01 +10% de vidrio triturado	12.50	18.920	1.929

Fuente: Elaboración propia.

La tabla 19 presenta el resultado de los ensayos Proctor Modificado de las muestras, se determinó que la humedad es de 10.40%, peso unitario seco es de 1.977 gr/cm³, a continuación, las muestras de suelo patrón y vidrio triturado (en proporción de 4%, 7% y 10% de vidrio triturado): el Experimento - 01 cuyo óptimo contenido de humedad es 11.80%, peso unitario seco de 1.926 gr/cm³, el Experimento - 02 obtuvo una humedad óptima de 12.70%, peso unitario seco de 1.920 gr/cm³ y el Experimento - 03 una humedad óptima de 12.50%, peso unitario seco de 1.929 gr/cm³. Es evidente la disminución del valor de la densidad seca en tanto se incorpora el vidrio reciclado (entre 0, 4 y 7%), mientras que con 10% de vidrio, aumenta ligeramente la densidad seca, aunque con valor inferior al suelo

patrón (M - 01), ver figura 25 y 26, en cuanto al contenido de humedad óptimo, esta aumenta a razón que se incrementa el contenido de vidrio triturado (entre el 0, 4 y 7%), en tanto que con 10% de vidrio disminuye ligeramente pero aún por encima del valor de la muestra patrón (ver figura 27 y 28).

Respecto al objetivo específico 3, consistió en determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021, fue realizado el ensayo CBR, para la muestra M - 01, y la incorporación de vidrio triturado.



Figura 30. Llenado del molde CBR.



Figura 31. Ensayo CBR - Penetración.

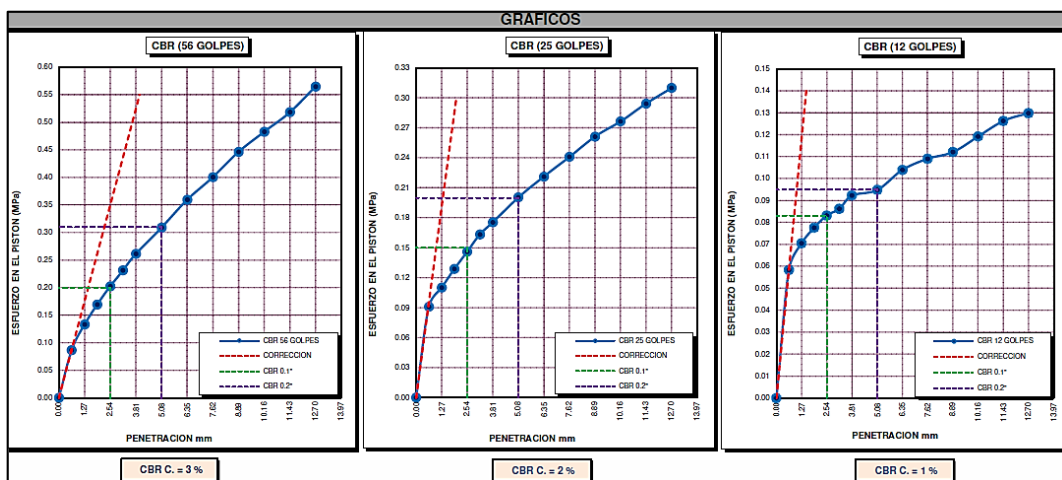


Figura 32. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01.

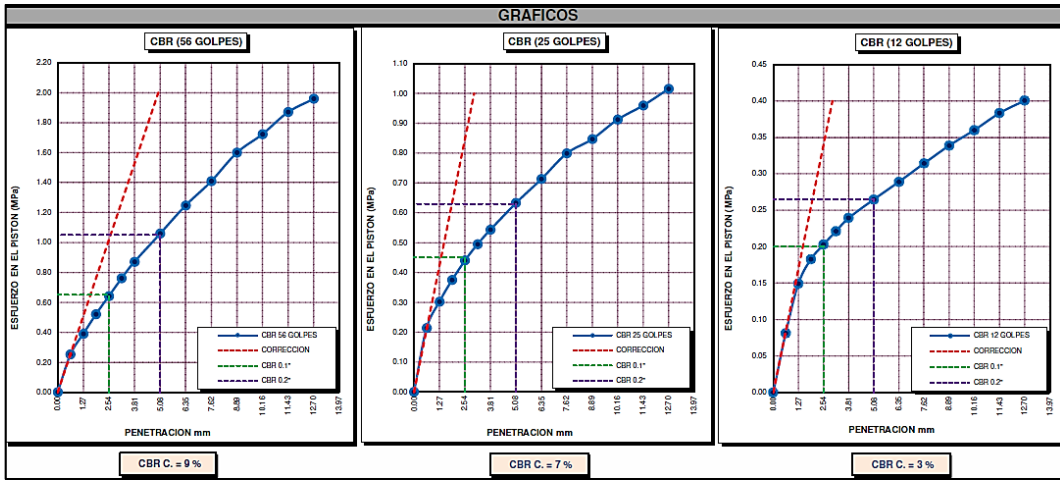


Figura 33. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01 + 4% de vidrio triturado.

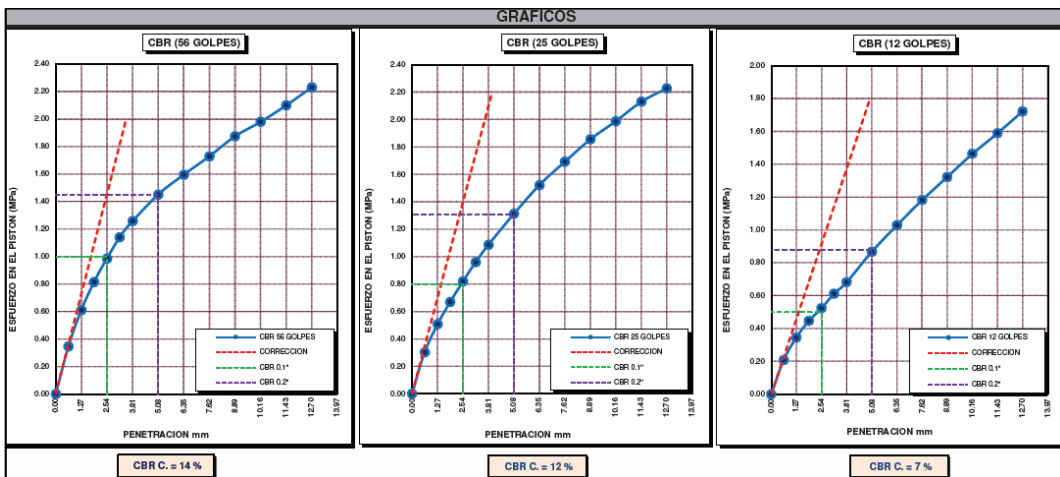


Figura 34. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01 + 7% de vidrio triturado.

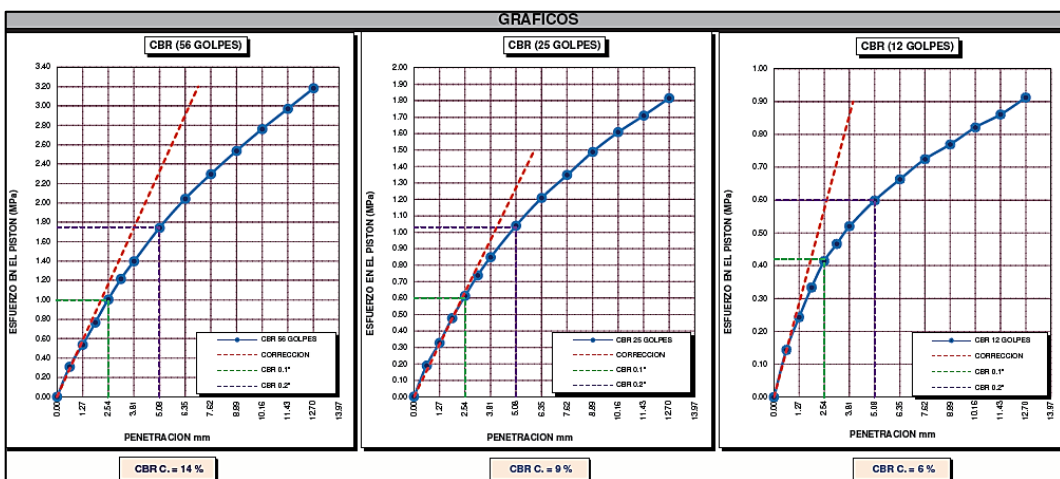


Figura 35. Diagrama de ensayo CBR de los especímenes ensayados de la muestra M - 01 + 10% de vidrio triturado.

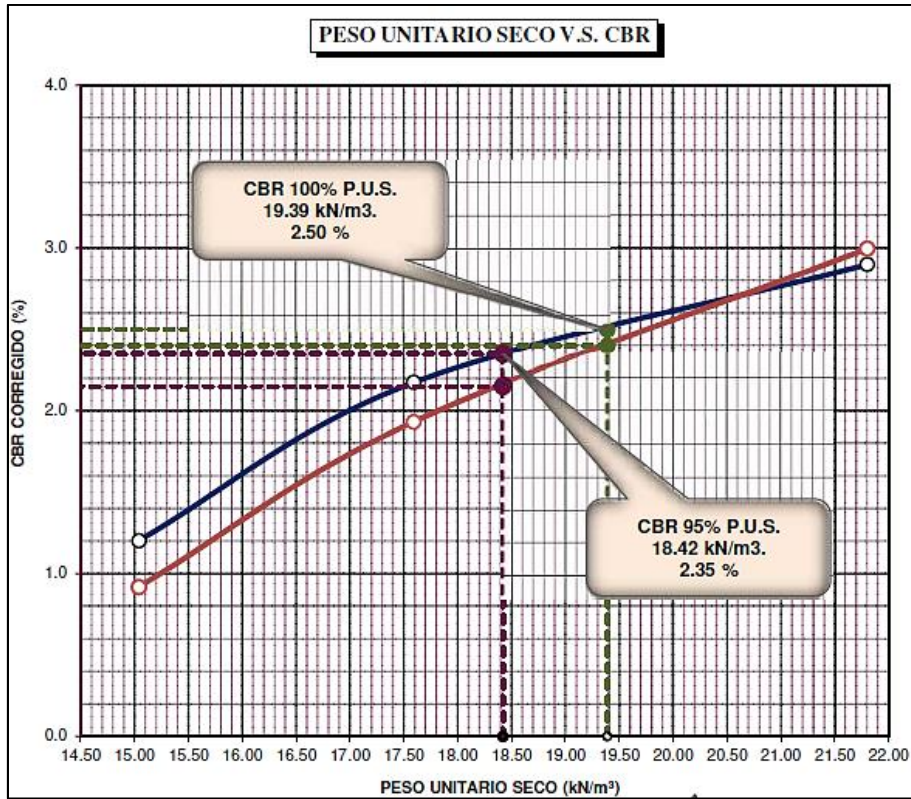


Figura 36. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 - muestra patrón.

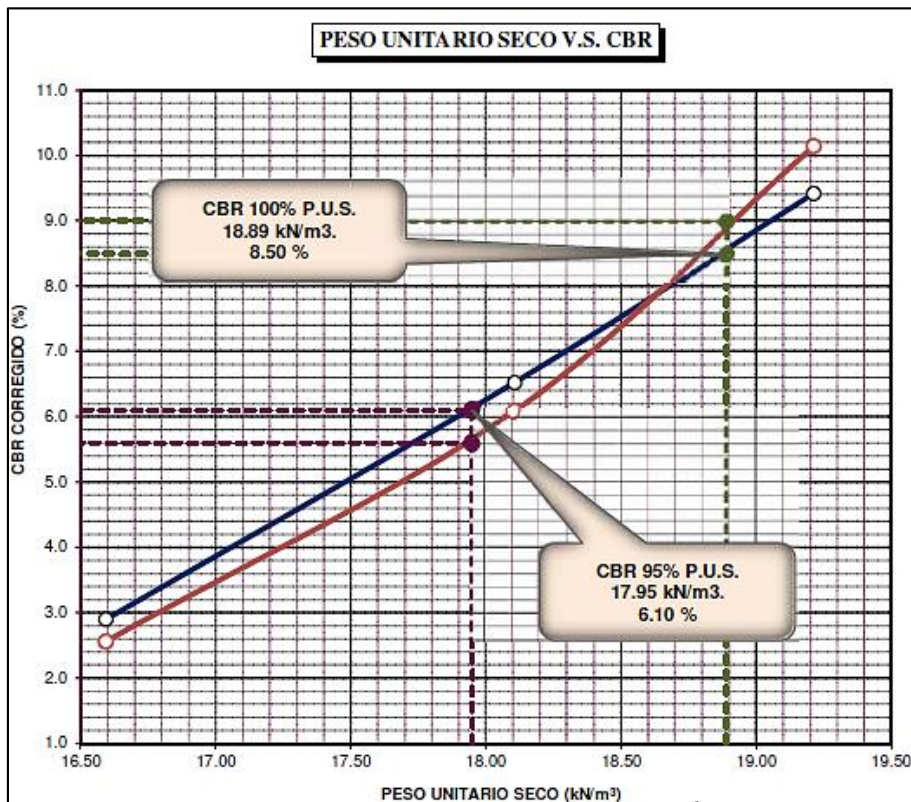


Figura 37. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 + 4% de vidrio triturado.

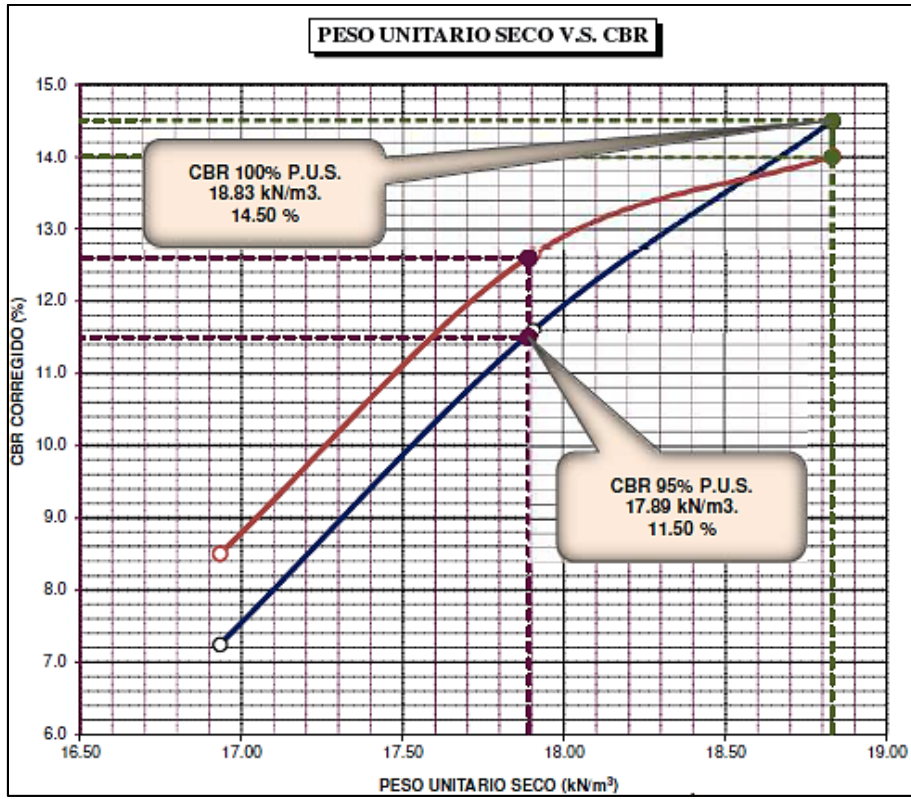


Figura 38. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 + 7% de vidrio triturado.

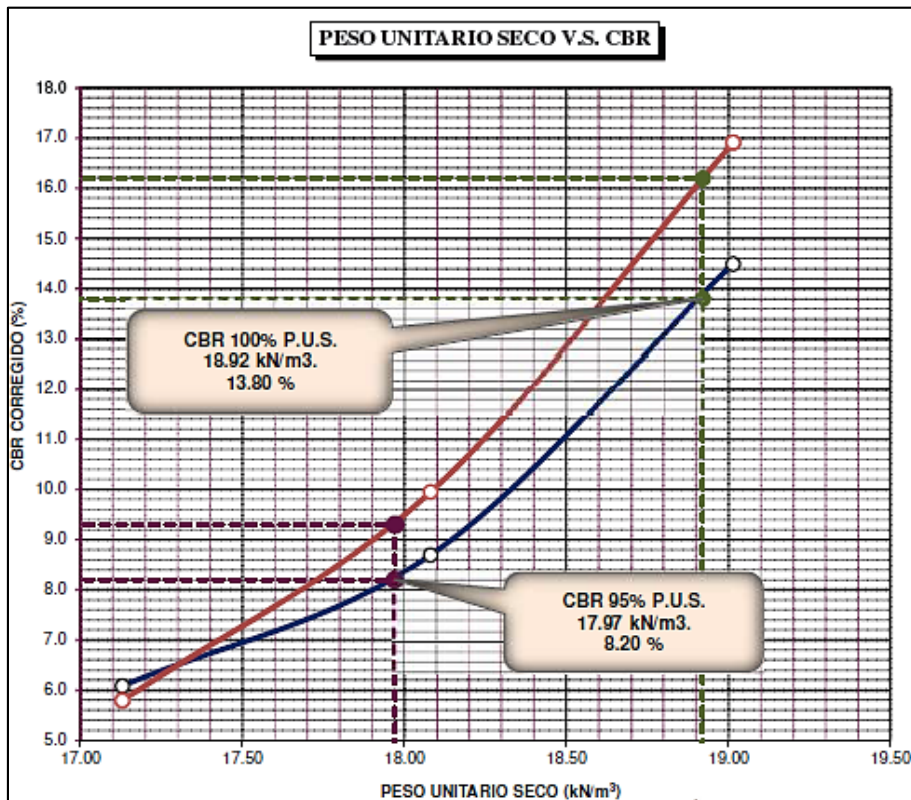


Figura 39. Diagrama de ensayo CBR de M - 01 + 10% de vidrio triturado.

Tabla 20. Resultados de ensayo CBR muestra M - 01 + vidrio triturado.

Muestra	Detalle	Penetración	CBR (100%)	CBR al (95%)
M - 01	Muestra patrón	0.1"	2.50%	2.35%
Experimento - 01	M - 01 +4% de vidrio triturado	0.1"	8.50%	6.10%
Experimento - 02	M - 01 +7% de vidrio triturado	0.1"	14.50%	11.50%
Experimento - 03	M - 01 +10% de vidrio triturado	0.1"	13.80%	8.20%

Fuente: Elaboración propia.

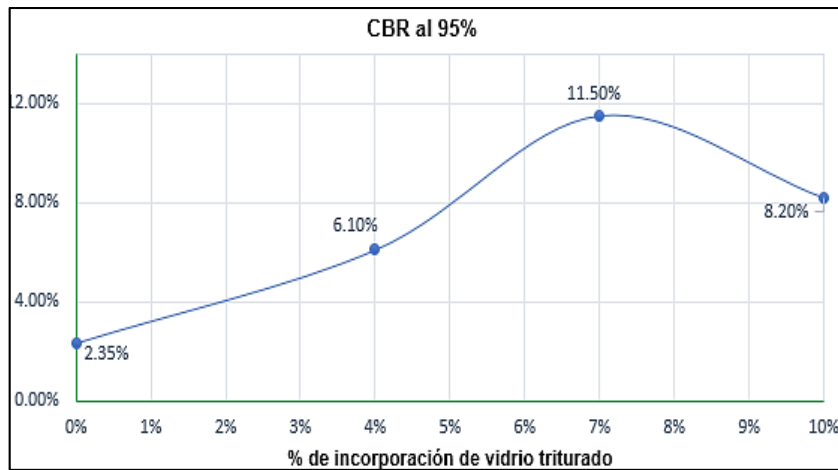


Figura 40. Curva - Relación entre el CBR al 95% y % de vidrio triturado.

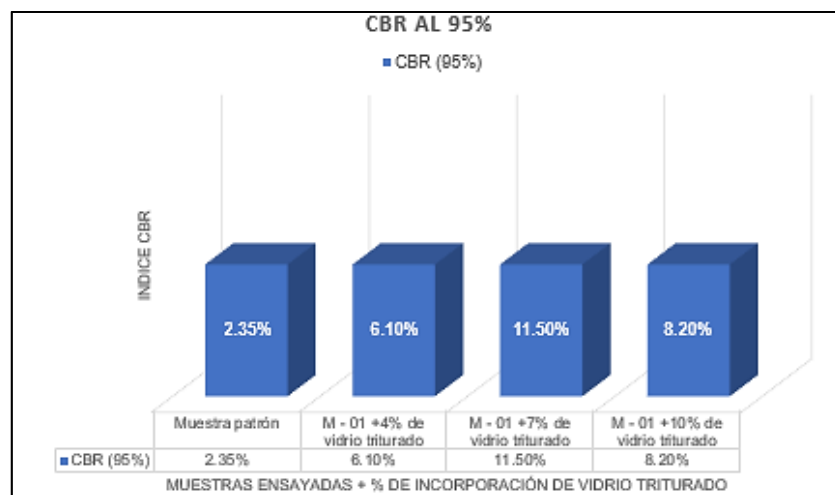


Figura 41. Variación - Relación entre el CBR al 95% y % de vidrio triturado.

La tabla 20 presenta los resultados del CBR, los valores están en relación a la penetración de 0.1" (2.54 mm), el comportamiento de la capacidad de soporte,

aumenta de manera favorable a razón que se incrementa el porcentaje de vidrio triturado, desde el valor inicial de la muestra patrón se incrementa la resistencia hasta con un 7% de vidrio triturado, el cual alcanza valores máximos (11.50% para CBR al 95% y 14.50% para CBR al 100%).

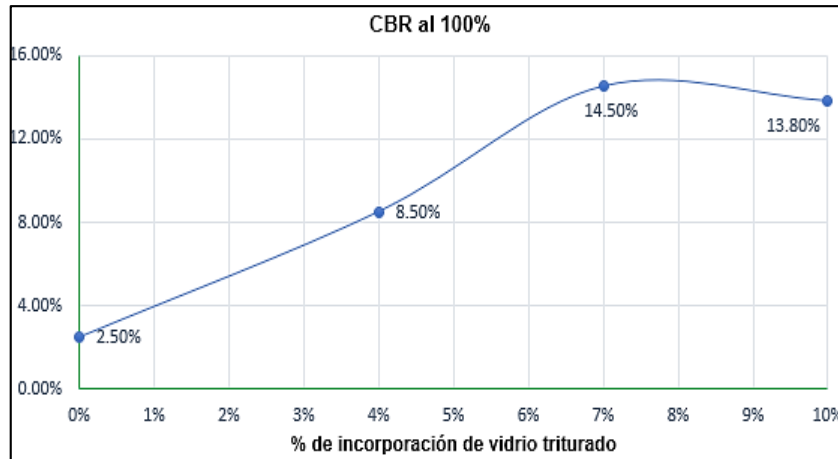


Figura 42. Curva - Relación entre el CBR al 100% y % de vidrio triturado.

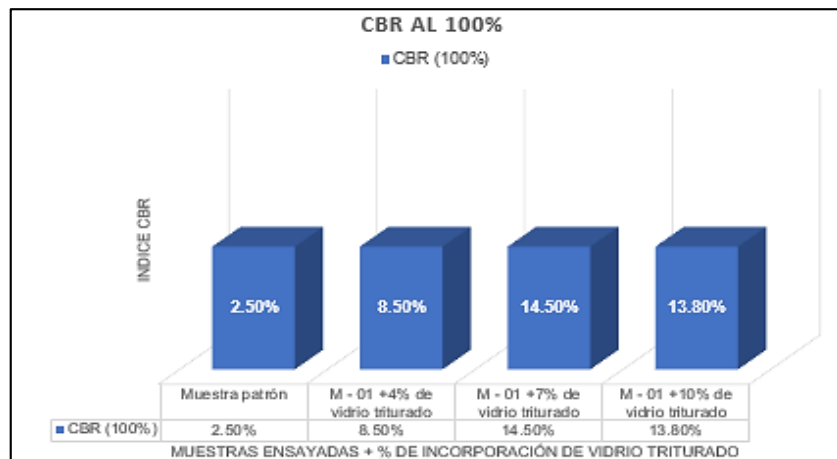


Figura 43. Variación - Relación entre el CBR al 100% y % de vidrio triturado.

Para cantidades superiores a 7% de vidrio incorporado, afectan de forma negativa en la capacidad de soporte (8.20% con CBR al 95% y 13.80% para CBR al 100%), en la muestra M - 01 en estado natural o muestra patrón presenta un CBR al 100% y 95% con penetración de 0.1" valores de 2.50% y 2.35% respectivamente, por tanto, un porcentaje óptimo de vidrio triturado a incorporar para aumentar la capacidad de soporte es de 7%.

V. DISCUSIÓN

Culminados los procedimientos de los ensayos de laboratorio respectivos en función de los objetivos específicos, y haber descrito los resultados del suelo patrón y la incorporación de vidrio triturado en el capítulo anterior, expresados mediante tablas y gráficos. En el presente capítulo son presentados el análisis comparativo y discusión de los valores obtenidos en función a los objetivos, entre los antecedentes y la investigación.

Para el objetivo específico 1, el cual consistió en determinar la influencia del vidrio triturado en el porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.

En la investigación de Sánchez y Terrones (2020), fueron utilizados diferentes porcentajes de incorporación de un estabilizante híbrido compuesto de vidrio reciclado y conchas de abanico, en razón del 0%, 10%, 15% y 20%, los cuales fueron incorporados en las muestras de suelo y posteriormente el ensayo de límites de consistencia, donde se obtuvieron los índices de plasticidad de 16.86%, 15.42%, 13.26% y 12.6% respectivamente.

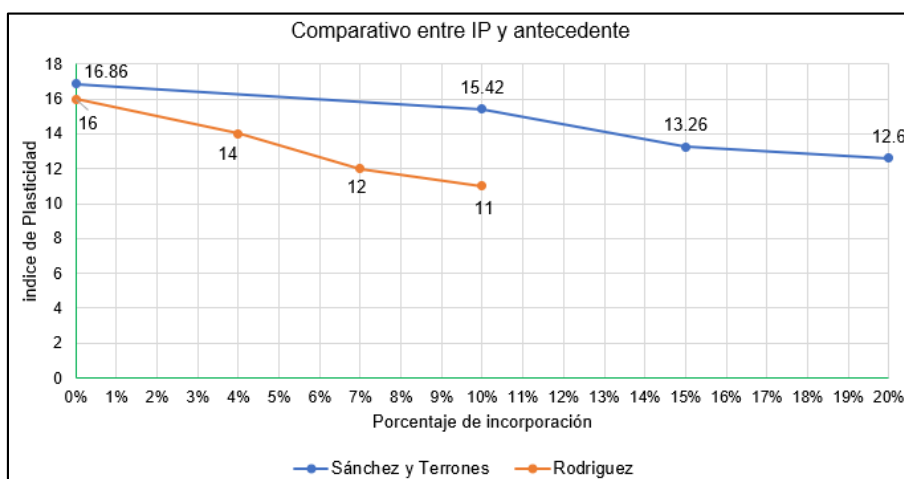


Figura 44. Comparación del índice de plasticidad con antecedentes.

Se coincide con Sánchez y Terrones, debido a que la incorporación del vidrio reciclado (triturado), influye en la disminución del índice de plasticidad, que es necesario para la conformación de subrasantes, debido a que suelos con un IP alto

representan suelos expansivos, los cuales no son adecuados para obras viales, ver figura 43, donde se muestra que las curvas que indican el índice de plasticidad, decrecen en la medida que se incrementa la cantidad de vidrio incorporado, desde una muestra de suelo propia de la presente investigación, en estado natural con un IP de 16%, 14% con 4% de vidrio, 12% con 7% de vidrio y 11% con 10% de vidrio triturado, lo cual representa un IP en 31.25% menos comparado con la muestra patrón, en tanto para Sánchez y Terrones, los IP varían desde un suelo patrón con 16.86% de IP, una adición de 10% de vidrio un IP de 15.42%, lo cual representa un 8.54% menos respecto al suelo patrón, siendo este porcentaje (10%) el cual existe en ambas investigaciones, donde se observa una variación, debido a que el material para mejoramiento en la tesis de Sánchez y Terrones fue un híbrido de vidrio y conchas de abanico, mientras que en la presente investigación solo se utilizó vidrio.

Frente al objetivo específico 2, que consistió en determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021. En la investigación de Haro (2021), fueron determinados los valores de MDS con la incorporación de vidrio reciclado en proporciones de 0, 6 y 8%, los datos presentados en la figura 44, indican la variación de la incorporación del vidrio reciclado en el suelo y su influencia en la máxima densidad seca, la figura 45 muestra la comparación del contenido de humedad óptimo de la investigación y los antecedentes.

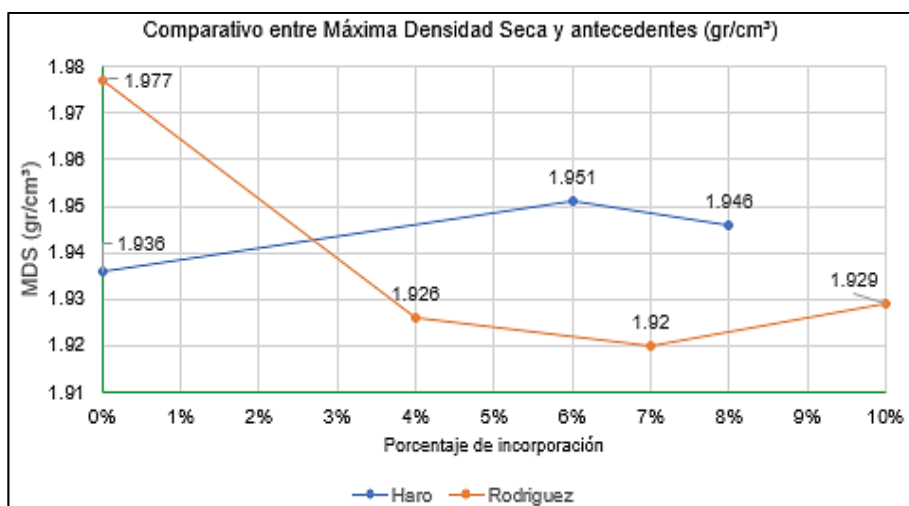


Figura 45. Comparación de MDS con antecedentes.

No se coincide con Haro, respecto a la máxima densidad seca al observar una variación con la presente investigación, en la tesis de Haro existe un incremento en la máxima densidad seca (MDS), debido al tamaño de las partículas de vidrio triturado que se utilizaron, en el antecedente del tesista Haro fue utilizado únicamente vidrio en tamaños de partículas de 0.149 mm, en tanto que en la presente investigación fue utilizada una gradación en base a la ASTM C - 33 - 18 (agregado fino), y se va reduciendo la MDS, incrementándose ligeramente con un 10% de vidrio triturado, aunque por debajo del valor del suelo natural.

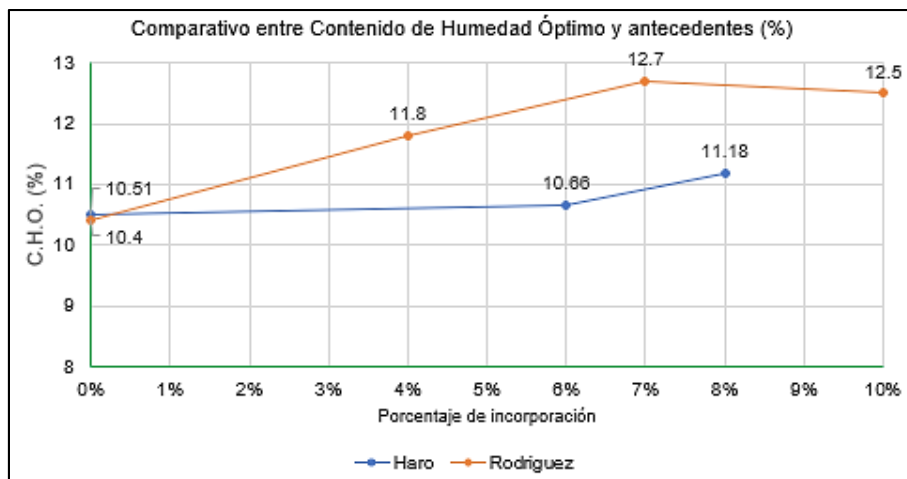


Figura 46. Comparación del contenido de humedad óptimo con antecedentes.

Se coincide con Haro, respecto al contenido de humedad, al evidenciar en ambos casos un aumento en el contenido de humedad óptimo, de acuerdo a la figura 45, la incorporación de vidrio incrementa la cantidad del agua necesaria para lograr la máxima densidad del ensayo Proctor modificado, desde un valor de 10.4% de la muestra patrón, 10.66% para la incorporación de 6% de vidrio y 11.18% con 8% de vidrio, en la presente investigación también se presenta un incremento desde 10.51% del suelo natural, un 11.8% con 4% de vidrio, 12.7% con 7% de vidrio y 12.50% para 10% de vidrio incorporado.

En base al objetivo específico 3, que fue determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021. En la investigación de Haro (2021), se determinó que la incorporación de vidrio reciclado puede afectar la resistencia de los suelos, los valores de CBR al

95% y 100%, indican que hasta un 6% de proporción de vidrio, presenta valores máximos para CBR, ver figura 46 y 47.

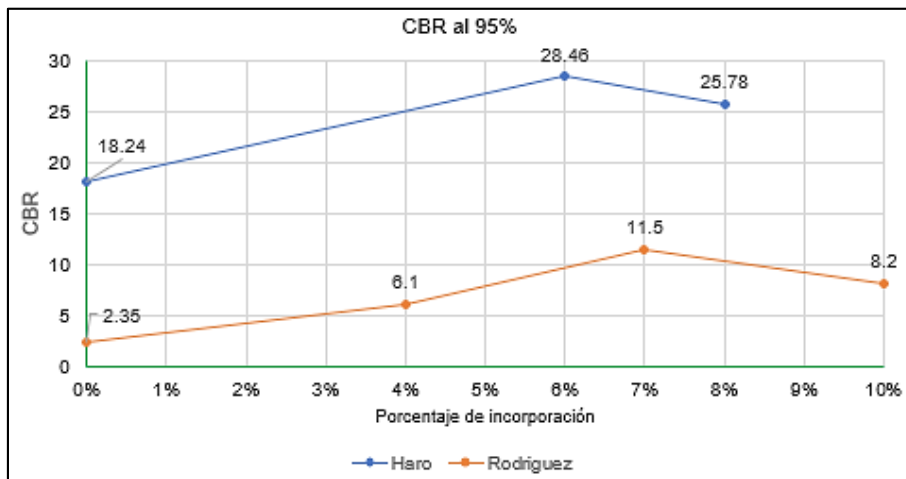


Figura 47. Comparación del CBR al 95% con antecedentes.

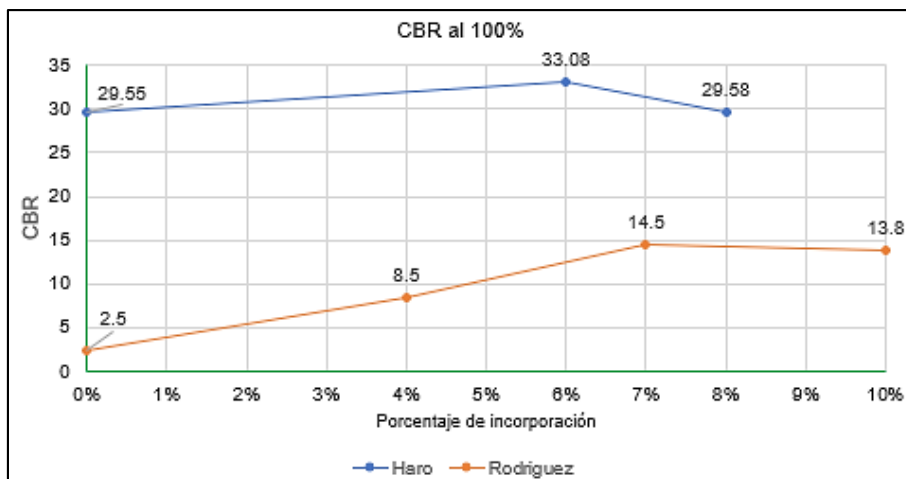


Figura 48. Comparación del CBR al 100% con antecedentes.

Se coincide con Haro al observar que existe un aumento del CBR, ya que el mencionado autor, obtiene como porcentaje adecuado un 6% de proporción en peso de incorporación de vidrio, Según Haro existe un incremento que representa un 156% respecto al suelo natural (CBR 95%) y un 111% (CBR 100%), mientras que la presente investigación obtiene un 7% como porcentaje óptimo para lograr un valor del CBR equivalente a 489% y 580% respecto a la muestra inicial o patrón (CBR al 95% y 100% respectivamente).

VI. CONCLUSIONES

La presente investigación titulada “Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021”, presenta las siguientes conclusiones:

La incorporación del vidrio triturado influye en el índice de plasticidad de los suelos arcillosos en la avenida Industrial, de tal manera que provocan una disminución en el IP, en la medida que se aumenta la cantidad de vidrio triturado, desde 0%, 4%, 7% y 10%, siendo este último el que presenta una disminución de un IP de 16% en estado natural (muestra patrón), hasta un 11% con incorporación de 10% de vidrio, lo cual representa una reducción de 31.25% respecto a la condición inicial (patrón).

El efecto de la incorporación del vidrio triturado afecta la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, provocando una ligera disminución en relación al valor en estado natural (muestra patrón), de manera inversamente proporcional en la medida que se aumenta el contenido de vidrio (1.977 gr/ cm³ en estado natural y 1.929 gr/cm³ con 10% de vidrio triturado), en tanto para el contenido de humedad óptimo esta tiende a aumentar dicho valor desde 10.4% de la muestra patrón pasando a 12.50% con 10% de vidrio triturado.

La incorporación del vidrio triturado influye en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, aumentando la resistencia desde un 2.35% en estado natural hasta un 11.50% con 7% de vidrio triturado (valor óptimo) en CBR al 95%, lo cual representa un incremento de 489% respecto al suelo inicial (muestra patrón) en tanto que para CBR al 100% desde 2.50% hasta 14.50% con 7% de vidrio, lo que representa un incremento de 580% respecto a la condición inicial.

VII. RECOMENDACIONES

Se recomienda incorporar vidrio triturado para disminuir el IP de los suelos arcillosos en la avenida Industrial, sobre todo cuando existen suelos expansivos, que cuenten con una cantidad elevada de arcilla, la cual es inadecuada para subrasantes de obras viales por su sensibilidad al agua, la incorporación de vidrio triturado es una alternativa para reducir el índice de plasticidad en suelos expansivos o arcillosos.

Se recomienda utilizar el vidrio triturado en suelos arcillosos ya que no afecta en gran medida en la máxima densidad seca, aunque si aumenta el contenido de humedad óptimo, sin embargo, se mejora otras propiedades de resistencia del suelo, y no existe una gran variación en la MDS.

Se recomienda la incorporación del vidrio triturado en proporción de 7%, ya que aumenta la resistencia CBR tanto al 95% y 100%, aumentando entre 4 y 5 veces respecto a la condición inicial de la muestra patrón, por lo cual es adecuado en el mejoramiento y/o estabilización de suelos arcillosos con un bajo índice CBR.

REFERENCIAS

- Arias, Fidas. 2016. *El proyecto de investigación*. Caracas : Episteme, 2016.
- ASTM. 2018. *ASTM C33-18. Standard specification for aggregates for concrete*. West Conshohocken. PA : ASTM International, 2018.
- ASTM. 2016. *ASTM D 1883 - 16. Standard Test Method For California Bearing Ratio (CBR) Of Laboratory - Compacted Soils*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2016.
- ASTM. 2019. *ASTM D 2216 - 19. Standard Test Methods For Laboratory Determination Of Water (Moisture) Content Of Soil And Rock By Mass*. West Conshohocken. PA : ASTM International, 2019.
- ASTM. 2007. *ASTM D 422 - 63 (2007) e2. Standard Test Method For Particle - Size Analysis of soils*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2007.
- ASTM. 2017. *ASTM D 4318 - 17 e1. Standard Test Methods For Liquid Limit, Plastic Limit, And Plasticity Index Of Soils*. West Conshohocken : ASTM International, 2017.
- ASTM. 2014. *ASTM D 854 - 14. Standard Test Methods For Specific Gravity Of Soil Solids By Water Pycnometer*. West Conshohocken. PA : ASTM International, 2014.
- ASTM. 2012. *ASTM D1557-12 e1. Standard Test Methods For Laboratory Compaction Characteristics Of Soil Using Modified Effort (56,000 ft lbf/ft³ (2 700 KN-m/m³))*. West Conshohocken, PA : ASTM International, 2012.
- Bernal, César. 2010. *Metodología de la investigación* . Bogotá : Pearson Education, 2010. ISBN: 978-958-699-128-5.
- Blayi, Rizgar, y otros. 2020. *Strength improvement of expansive soil by utilizing waste glass powder*. Soran : Soran University, 2020.
- Borja, Manuel. 2012. *Metodología de la investigación científica para ingenieros*. Chiclayo : Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, 2012.
- Caamaño, Iván. 2016. *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente*. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2016.
- Campos, Silvia, Urbina, María y Tamayo, Daynier. 2021. *Potencialidades del vidrio triturado como material de construcción*. Holguín : Universidad de Holguín, Holguín, Cuba, 2021.

- Canakci, Hanifi, Al-Kaki, Aram y Celik, Fatih. 2016. *Stabilization of clay with waste soda lime glass powder*. Turkey : Department of Civil Engineering, University of Gaziantep, Procedia Engineering, 2016. DOI 10.1016/j.proeng.2016.08.705.
- Das, Braja. 2001. *Fundamentos de Ingeniería geotécnica*. México D.F. : Thomson Learning, 2001. ISBN 970-686-061-4.
- Gana, A. J. y Tabat, J.B. 2017. *Clay soil stabilisation using powdered glass* . Nigeria : Department of Civil Engineering of Landmark University, International Journal of Engineering and Emerging Scientific Discovery, 2017. ISSN: 2536-7269.
- Gowtham, S, y otros. 2018. *Stabilization of Clay Soil by Using Glass and Plastic Waste Powder*. Manalmadu : N.S.N. College of Engineering and Technology, 2018.
- Gusmão, Fabio y and others. 2020. Estabilization of caolinit clayey soil with glass waste and rock dust waste pulverized in high energy mill. [En línea] 2020. [Citado el: 05 de 08 de 2021.] <https://www.ijaet.org/media/1154-IJAET1301428-v13-i1-pp1-12.pdf>. ISSN 22311963.
- Gutiérrez, Libia. 2003. *El concreto y otros materiales para la construcción*. Manizales : Universidad Nacional de Colombia, 2003. ISBN 958-9322-82-4.
- Guzmán, Pamela. 2017. *Influencia de aditivos químicos en las características físico – mecánicas y relación costo – beneficio de suelos a emplearse en la superficie de rodadura de la vía Puno – aeropuerto de Ventilla, región Puno*. Puno : Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, 2017.
- Haro, Luis. 2021. *Efecto de la adición de Vidrio Reciclado en la estabilización de suelo arenoso en el A.H. Villa Hermosa, Nuevo Chimbote*. Lima : Universidad César Vallejo, 2021.
- Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María. 2014. *Metodología de la investigación*. México D.F. : Mc Graw Hill, 2014. ISBN 978-1-4562-2396-0.
- Jalanoca, Freyre. 2021. *Mejoramiento de la subrasante incorporando el aceite residual de vehículos motorizados en la carretera Platería Perka, Puno 2021*. Lima : Universidad César Vallejo, 2021.
- Laica, Juan. 2016. *Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base*. Ambato : Universidad Técnica de Ambato, 2016.

- Mantilla, José. 2019. *Mejoramiento con granalla mineral en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Tocache – Juanjui, Km: 39+010*. Lima : Universidad César Vallejo, 2019.
- Mas, María, y otros. 2016. *Análisis de la Viabilidad Ambiental de la Utilización de Morteros Fabricados con Polvo de Vidrio en la Estabilización de suelos*. Madrid : Universidad Politécnica de Madrid, 2016.
- Menéndez, José. 2016. *Ingeniería de pavimentos*. Lima : Instituto de la construcción y gerencia, 2016. ISBN 978-612-4280-15-3.
- Merritt, Frederick, Loftin, Kent y Riccectts, Jonathan. 2004. *Manual del Ingeniero Civil*. México D.F. : Mc Graw Hill Interamericana, 2004. ISBN 970-10-2254-8.
- Montejo, Alfonso. 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá : Universidad Católica de Colombia, 2002. ISBN 958-96036-2-9.
- MPP. 2008. *Plan de desarrollo urbano de la ciudad de Puno*. Puno : Municipalidad Provincial de Puno, 2008.
- MTC. 2014. *Manual de carreteras - Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos:Sección Suelos y Pavimentos*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014.
- MTC. 2016. *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones-Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, 2016.
- MTC. 2008. *Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima : Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2008.
- Municipalidad Provincial de Puno. 2021. *MEJORAMIENTO DEL SERVICIO VIAL URBANO DE LA AVENIDA INDUSTRIAL DEL CENTRO POBLADO DE SALCEDO, DISTRITO DE PUNO - PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO*. Puno : OPMI, Municipalidad Provincial de Puno, 2021.
- Olufowobi, J. y and others. 2017. *Clay Soil Stabilisation Using Powdered Glass*. Nigeria : Department of Civil Engineering of University of Technology Akure, International Journal of Engineering and Emerging Scientific Discovery, 2017.
- Pérez, Pablo. 2020. *Evaluación del comportamiento de áridos reciclados de RCD y residuos de vidrio de TV. CRT en capas estructurales de carreteras*. Córdoba : Universidad de Córdoba, 2020.

Rose, Jinu, y otros. 2017. *Effect of Glass Powder on Engineering Properties of Clayey Soil*. Kanjirappally : Department of Civil Engineering Amal Jyothi College of Engineering Kanjirappally, Kerala, India, 2017.

Salamatpoor, Sina y Salamatpoor, Siavash. 2017. *Evaluation of adding crushed glass to different combinations of cement - stabilized sand*. Iran : Department of Civil Engineering, Najafabad Branch, Islamic Azad University, GEO-Engineering, 2017. <https://doi.org/10.1186/s40703-017-0044-0>.

Sánchez , Crosby y Terrones, Renzo. 2020. *Estabilización de suelos utilizando híbrido de polvo de concha de abanico y vidrio reciclado, Huacacorral*. Lima : Universidad César Vallejo, 2020.

Syed, Aaqib y Sudipta, Chakraborty. 2020. *Effects of waste glass powder on subgrade soil improvement*. Bangladesh : World Scientific News , 2020. EISSN 2392-2192.

UA. 2012. *ISO 690:2010 (E)*. Alicante : Universitat d' Alicante, 2012.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
independiente: vidrio triturado	Según Campos y otros (2021), El vidrio triturado es un elemento producto de la molienda mecánica del vidrio, en base a una gradación, con tamaños inferiores a 5 mm	Determinar la gradación del tamaño de las partículas del vidrio triturado, para incorporar en las muestras de suelo a ensayar en laboratorio.	Gradación – tamaño de las partículas.	Micrómetros (μm). ASTM C 33-18	
			Porcentaje de incorporación.	4%, 7% y 10%	
Dependiente: propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos	Menéndez (2016) define a las propiedades físico-mecánicas del suelo, al peso específico, la granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de humedad, su clasificación y su densidad seca y óptimo contenido de humedad. Con respecto a la capacidad de soporte se tiene el índice CBR.	Determinar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos, mediante los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.	Análisis granulométrico por tamizado.	MTC E107, ASTM D422.	Razón
			Gravedad específica con picnómetro de agua.	MTC E113, ASTM D854-14.	Razón
			Ensayo de Límite Líquido y límite plástico.	MTC E110, E111 y ASTM D 4318-84.	Razón
			Ensayo de Proctor modificado.	MTC E118, ASTM D 1557-12.	Razón
			Ensayo CBR.	MTC E201, ASTM D1883-16.	Razón

Anexo 2: Matriz de consistencia.

TÍTULO: Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021.							
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLE, INDICADORES E INSTRUMENTOS			TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V. INDEPENDIENTE: Vidrio triturado				
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS		
¿De qué manera la incorporación del vidrio triturado influye en las propiedades físico – mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?	Determinar la influencia de la incorporación del vidrio triturado en las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	La incorporación del vidrio triturado influye en la mejora las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	Gradación – tamaño de las partículas.	Micrómetros (µm). ASTM C 33-18	Juego de tamices		Tipo de investigación: Aplicada. Diseño: Experimental. Técnica: Observación. Instrumento de recolección de datos: Registro de observación.
			Porcentaje de incorporación.	4%, 7% y 10%	Balanza de precisión.		
PROBLEMA ESPECÍFICOS	OBJETIVO ESPECÍFICOS	HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	V. DEPENDIENTE: Propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos				
			DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS		
¿De qué manera la incorporación del vidrio triturado influye en el porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?	Determinar la influencia del vidrio triturado en el porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	La incorporación del vidrio triturado influye en la reducción del porcentaje del índice de plasticidad de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	Análisis granulométrico por tamizado.	MTC E107, ASTM D422.	Juego de tamices, balanza de precisión.		
			Gravedad específica con picnómetro de agua.	MTC E113, ASTM D854-14.	Picnómetro de agua, balanza de precisión.		
¿Cuál es el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?	Determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	El efecto de la incorporación del vidrio triturado mejora la máxima densidad seca de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	Ensayo de Límite líquido y límite plástico.	MTC E110, E111 y ASTM D 4318-84.	Placa de vidrio, cuchara de Casagrande, balanza de precisión, horno eléctrico.		
			Ensayo de Proctor modificado.	MTC E118, ASTM D 1557-12.	Molde Proctor, martillo de compactación de Proctor modificado, balanza de precisión.		
¿Cuál es el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021?	Determinar el efecto de la incorporación del vidrio triturado en la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	El efecto de la incorporación del vidrio triturado mejora la resistencia de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno-2021.	Ensayo CBR.	MTC E201, ASTM D1883-16.	Molde CBR, prensa CBR, balanza de precisión.		

Anexo 3: Instrumento de recolección de datos.

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

PROYECTO :	Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico-mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021		
AUTOR:	RODRIGUEZ ASQUI FRANK ELVIS		

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN :	SOLICITANTE :	COORDENADAS	
PROCEDENCIA :		ESTE :	NORTE :
MUESTRA :	TAMAÑO MAXIMO	COTA :	
PROFUND. :	CLASIF. SUELOS :		

TAMIZ	ABERTURA (mm)	Pesos Retenidos	% Pesos Retenidos	% Retenidos Acumulados	% Q PASA	ESPECIF. "A"	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
4"	101.600						CANTERA :
3"	76.200						UBICACIÓN :
2 1/2"	63.500						MUESTRA :
2"	50.800						MATERIAL :
1 1/2"	38.100						TAMAÑO MAX :
1"	25.400						PESO TOTAL :
3/4"	19.050						LIMITE LIQUIDO :
1/2"	12.700						LIMITE PLASTICO :
3/8"	9.525						INDICE PLASTICO :
1/4"	6.350						HUM. NATURAL :
N° 4	4.760						CLASIFICACION
N° 8	2.380						SUCS :
N° 10	2.000						AASHTO :
N° 16	1.190						HUM. OPTIMA :
N° 30	0.590						DENSIDAD MAX :
N° 40	0.420						CBR :
N° 50	0.297						OBSERVACIONES
N° 100	0.149						
N° 200	0.074						Se clasifica con Coeficientes de
< N° 200							Cu ⁿ
							Cc ⁿ

Observaciones: Ninguna.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO EXPERTO



ING. ALEX LUIS GOMEZ CAGUA
CIP N° 20078



Yanina E. Alencio Tapia
INGENIERO CIVIL
CIP N° 20078



ING. ALEX LUIS GOMEZ CAGUA
CIP N° 20078

**INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS
GRAVEDAD ESPECIFICA**

PROYECTO:	Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021	Registro:
		Fecha:
AUTOR:	RODRIGUEZ ASQUI , FRANK ELVIS	
FICHA TÉCNICA N°		

PICNÓMETRO N°		C-500	
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	(cm3)		
PESO PICNÓMETRO	(g)		
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	(g)		
PESO SUELO SECO , gr (w1)	(g)		
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr.(W1)	(g)		
PESO PICN. + AGUA a C.T.(20°C) , gr.(W2)	(g)		
PESO PICN.+ AGUA A TEMP , ENSAYO	(g)		
TEMPERATURA DE ENSAYO, °C	(°c)		
GS A TEMPERATURA ENSAYO	(°T)		
GS A 20° C	(°c)		
PROMEDIO GS A 20 °c	(g/cm3)		

DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSION "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS

TEMPERATURA °c	yw	k	TEMPERATURA °c	yw	k
19			25		
20			26		
21			27		
22			28		
23			29		
24			30		

Observaciones: Ninguna.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO EXPERTO

IBC CONSULTORÍA Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

[Signature]
ING. ALEX LUJÁN GÓMEZ CALLA
MIEMBRO DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS Y CONTRATISTAS DE MATERIAS
CIP: 209176



[Signature]
Yasmani E. Alencio Tapia
INGENIERO CIVIL
CIP N° 94958
MIEMBRO DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS Y CONTRATISTAS DE MATERIAS

[Signature]
ING. MARY LUZ APAZA APAZA
INGENIERO CIVIL
CIP N° 111372

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

LIMITES DE CONSISTENCIA

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

PROYECTO: Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021

Registro:

Fecha:

AUTOR: RODRIGUEZ ASQUI, FRANK ELVIS


FICHA TÉCNICA N°

DOSIFICACION	Limite plastico	Limite liquido	Indice de plasticidad	NORMATIVA
Suelo Natural				ASTM D 4318 - 17
Suelo Natural +4% de vidrio triturado				
Suelo Natural +7% de vidrio triturado				
Suelo Natural +10% de vidrio triturado				

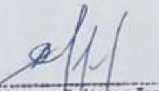
Observaciones: Ninguna.

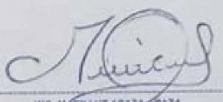
VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO EXPERTO

SAC CONSULTORIA Y CONTRATOS GENERALES S.A.C.


 ING. ALEX LUIS GOMEZ CASLA
 INGENIERO EN INGENIERIA Y TUBERIAS INDUSTRIALES
 CIP: 208178




 Yasmery E. Alencio Tapia
 INGENIERO CIVIL
 CIP N. 24958
 Ing. "E. J. C. MANTUENIMIENTO"


 ING. MARY LUZ APAZA ESPAZA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 22272

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD PRÓCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING
MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/m³ [2700 KN-m/m³]) (ASTM D 1557 - 12e1)

PROYECTO:	Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021	Registro:
		Fecha:

FICHA TÉCNICA N°



AUTOR	RODRIGUEZ ASQUI FRANK ELVIS			
	INCORP. (vidrio triturado)	MDS	OCH	NORMATIVA
NUESTRA				
Suelo Natural 0%	0%			ASTM D 1557 - 12e1
Suelo Natural +4% de vidrio triturado	4%			ASTM D 1557 - 12e2
Suelo Natural +7% de vidrio triturado	7%			ASTM D 1557 - 12e3
Suelo Natural +10% de vidrio triturado	10%			ASTM D 1557 - 12e4

Observaciones: Ninguna.

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO EXPERTO

GRUPO CONSOLIDADO EMPRESAS GENERALES S.A.C.

 ING. ALEX LUIS GOMEZ CALLA
 ING. DE INGENIERÍA DE MATERIALES Y ENSAYOS METALÚRGICOS
 CIP. 208174



 Yasmery E. Alencio Tapso
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 94958
 Ing. C.P. "C.E.T." "MONTAÑANES".



 ING. MAY LUZ APAZA APAZA
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 18172

INSTRUMENTO DE RECOLECCION DE DATOS

CBR

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

PROYECTO:	Incorporación de vidrio triturado para mejorar las propiedades físico - mecánicas de suelos arcillosos en la avenida Industrial, Puno - 2021	Registro:
		Fecha:

FICHA TÉCNICA N°

AUTOR: RODRIGUEZ ASQUI, FRANK ELVIS

NUESTRA	INCÓRP. (vidrio triturado)	CBR 95%		CBR 100%		NORMATIVA
		0,1"	0,2"	0,1"	0,2"	

Suelo Natural +0% de vidrio triturado	0%					ASTM D 1883 -16
Suelo Natural +4% de vidrio triturado	4%					ASTM D 1883 -16
Suelo Natural +7% de vidrio triturado	7%					ASTM D 1883 -16
Suelo Natural +10% de vidrio triturado	10%					ASTM D 1883 -16

Observaciones: *Ninguna.*

VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO POR JUICIO EXPERTO

CAC CONSULTING AND SERVICES GENERAL S.A.C.

[Signature]
 ING. ALEX LUIS GOMEZ LALLA
OFICINA GENERAL DE VALIDACIÓN Y FIRMAS DE INSTRUMENTOS
 CIP: 204176



[Signature]
 Yacovitz E. Alencastro Sandoval
 INGENIERO CIVIL
 CIP N° 94958
14-12-1962, LIMA - PERU

[Signature]
 ING. MARY LUIZ APAZA APAZA
 INGENIERA CIVIL
 CIP N° 12132

Anexo 4: Panel fotográfico.



Fotografía 01: Calicata C - 01.



Fotografía 02: Proceso de trituración del vidrio.



Fotografía 03: Obtención del vidrio triturado.



Fotografía 04: Obtención del vidrio triturado y gradación.



Fotografía 05: Lavado de la muestra en malla N°200 para ensayo de granulometría.



Fotografía 06: Ensayo de granulometría por tamizado (con juego de tamices).



Fotografía 07: Preparación del ensayo de gravedad específica.



Fotografía 08: Ensayo de gravedad específica por Picnómetro de agua.



Fotografía 09: Preparación de suelo para Ensayo de Límite plástico.



Fotografía 10: Ensayo de Límite plástico.



Fotografía 11: Preparación de la muestra para ensayo de Límite líquido.



Fotografía 12: Ensayo de Límite líquido con la cuchara de Casagrande.



Fotografía 11: Secado al horno de la muestra del ensayo de Límite líquido.



Fotografía 12: Incorporación de los porcentajes de vidrio de acuerdo a la gradación para ensayo Proctor modificado (4%, 7% y 10%).



Fotografía 13: Preparación de las muestras con vidrio triturado incorporado para el ensayo Proctor modificado.



Fotografía 14: Llenado del molde del ensayo Proctor modificado.



Fotografía 15: Compactación - ensayo Proctor modificado.



Fotografía 16: Extracción de muestras para determinar el contenido de humedad - ensayo Proctor modificado.



Fotografía 17: Incorporación de los porcentajes de vidrio de acuerdo a la gradación para ensayo CBR (4%, 7% y 10%).



Fotografía 18: Preparación de las muestras con vidrio triturado incorporado para el ensayo CBR.



Fotografía 19: Preparación del papel filtro para el ensayo CBR.



Fotografía 20: Colocación de la placa de soporte del ensayo CBR.



Fotografía 20: Llenado del molde del ensayo CBR.



Fotografía 20: Compactación de la muestra en el molde del ensayo CBR.



Fotografía 21: Enrasado del molde - ensayo CBR.



Fotografía 22: Pesado de la muestra en el molde del ensayo CBR.



Fotografía 23: Colocación del collarín en el molde del ensayo CBR.



Fotografía 24: Colocación del papel filtro y el peso - ensayo CBR.



Fotografía 25: Sumergido de las muestras - ensayo CBR.



Fotografía 26: Lectura del extensómetro - ensayo CBR.



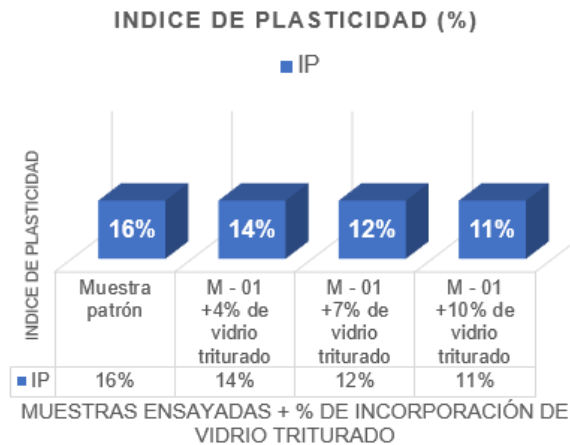
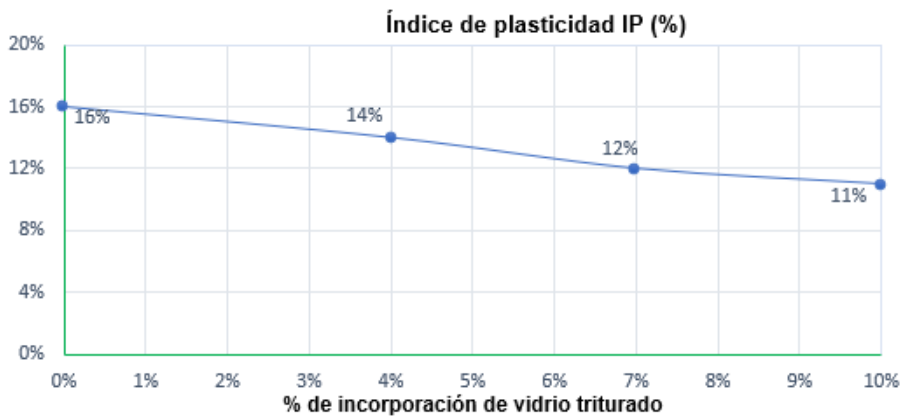
Fotografía 27: Colocación de la muestra en la prensa CBR.



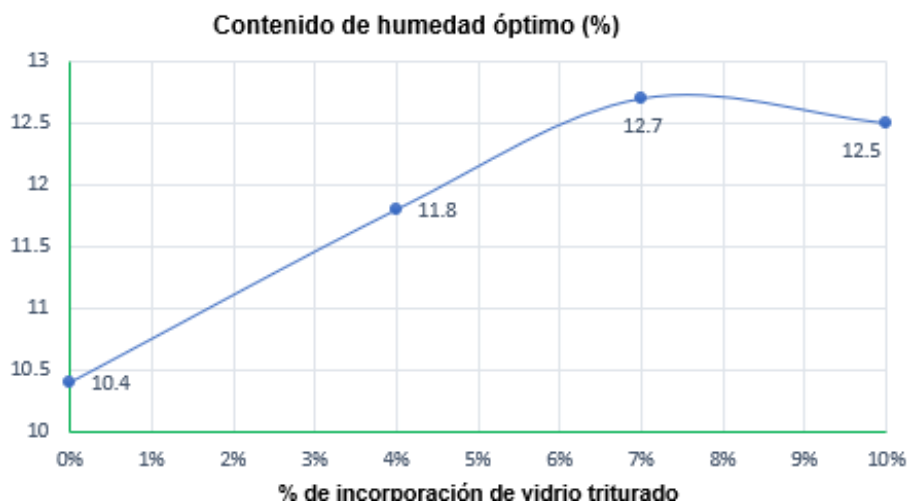
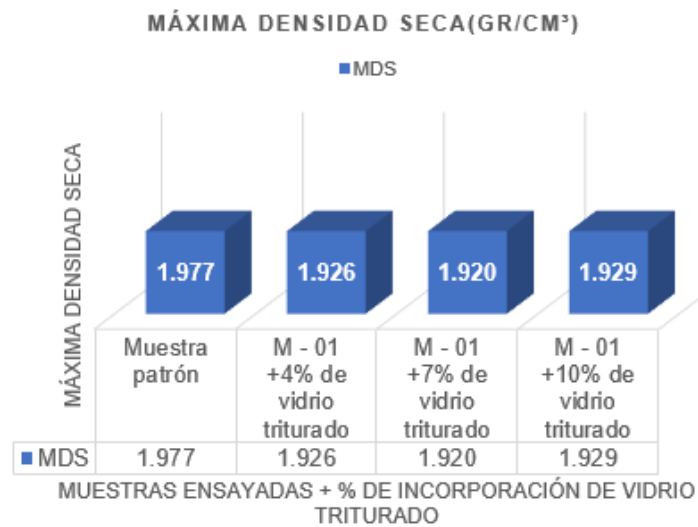
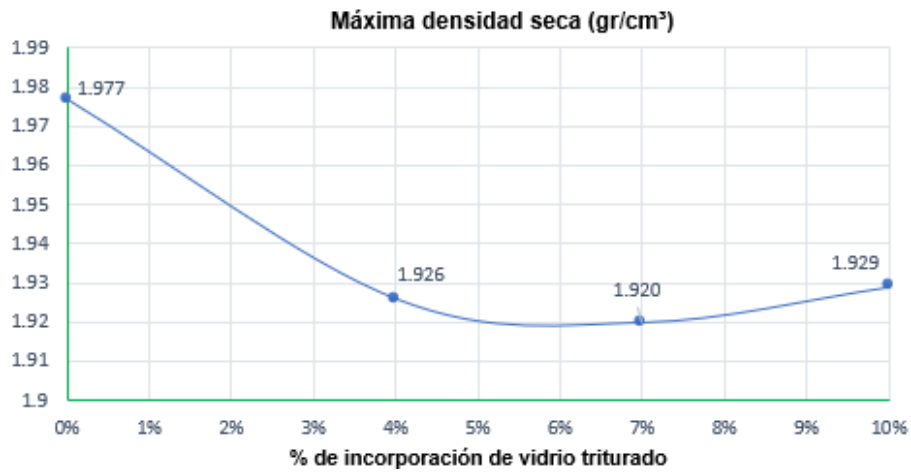
Fotografía 28: Aplicación de la carga y toma de lectura en la prensa CBR.

Anexo 5: Hojas de cálculo.

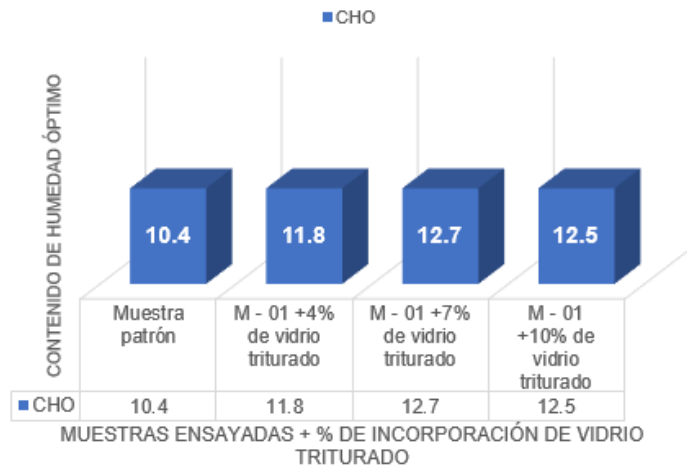
Resultados de límites de consistencia					
Muestra	Detalle	limite líquido	limite plástico	IP	% de vidrio triturado
M - 01	Muestra patrón	40%	24%	16%	0%
Experimento - 01	M - 01 +4% de vidrio triturado	39%	25%	14%	4%
Experimento - 02	M - 01 +7% de vidrio triturado	36%	23%	12%	7%
Experimento - 03	M - 01 +10% de vidrio triturado	34%	23%	11%	10%



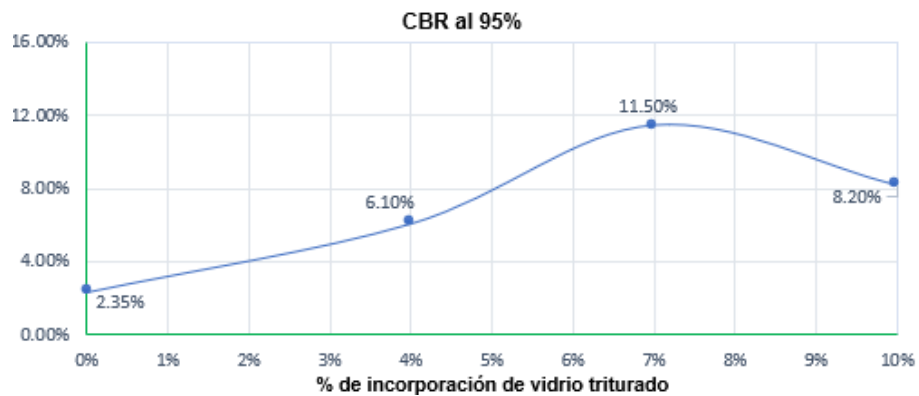
Resultados del ensayo Proctor modificado				
Muestra	Detalle	Contenido de humedad óptimo %	Peso unitario seco (gr/cm3)	% de vidrio triturado
M - 01	Muestra patrón	10.4	1.977	0%
Experimento - 01	M - 01 +4% de vidrio triturado	11.8	1.926	4%
Experimento - 02	M - 01 +7% de vidrio triturado	12.7	1.920	7%
Experimento - 03	M - 01 +10% de vidrio triturado	12.5	1.929	10%

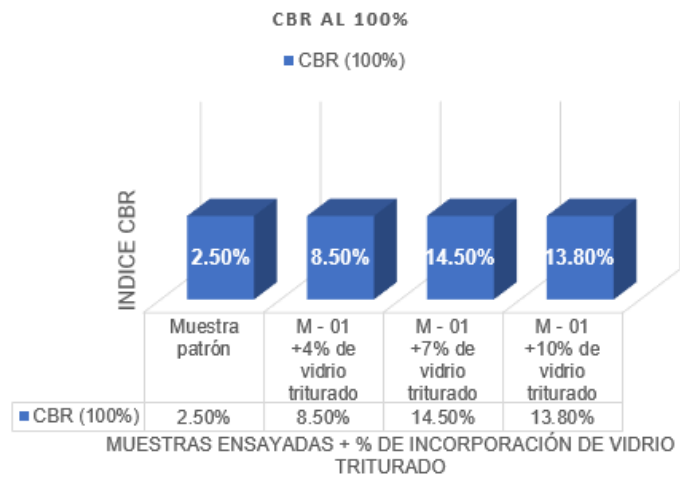
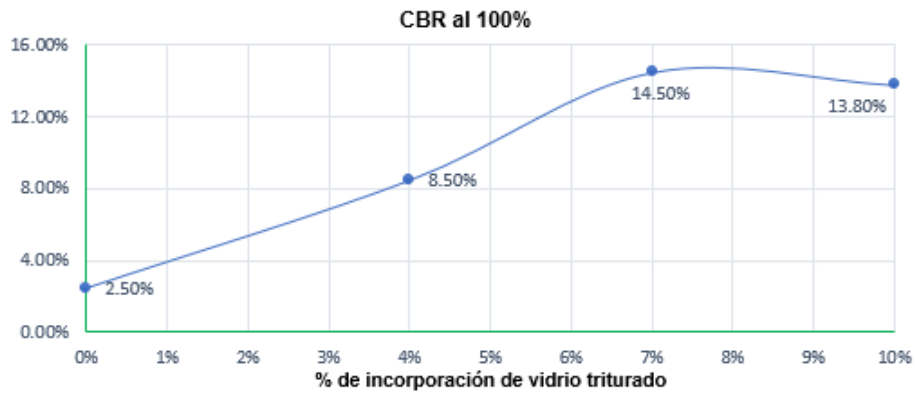
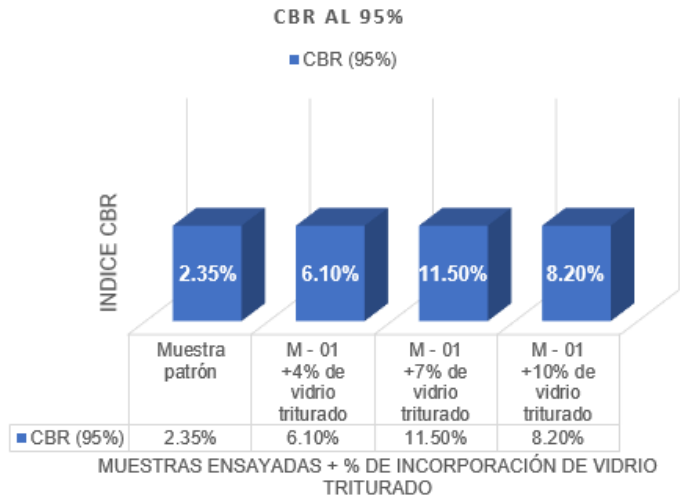


CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO(%)



Resultados del ensayo CBR				
Muestra	Detalle	CBR al 100%	CBR al 95%	% de vidrio triturado
M - 01	Muestra patrón	2.50%	2.35%	0%
Experimento - 01	M - 01 +4% de vidrio triturado	8.50%	6.10%	4%
Experimento - 02	M - 01 +7% de vidrio triturado	14.50%	11.50%	7%
Experimento - 03	M - 01 +10% de vidrio triturado	13.80%	8.20%	10%







LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

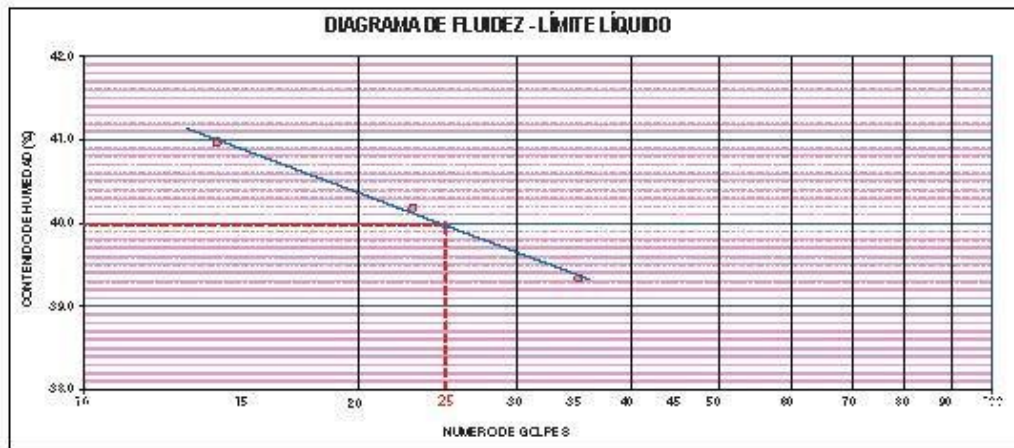
STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	1_001_109/21-001-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES	
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO
PROCEDENCIA	SUELO PATRÓN
CARGATA	LC - 01
MUESTRA	M - 01
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.
SOLICITANTE	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
TAMANO MÁXIMO	1/2 in.
CLASIF. SUELOS	(CL) / A-S (12)

LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Niv. DE TARA	n°	LC - 01	LC - 02	LC - 03	
PESO DE LA TARA	(g)	46.94	46.92	46.91	
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	65.83	64.48	61.92	
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	60.02	59.16	57.40	
PESO DE AGUA	(g)	5.81	5.32	4.52	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	14.18	13.24	11.49	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	40.97	40.18	39.34	
NUMERO DE GOLPES	n°	14	23	35	

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Niv. DE TARA		LC - 04	LC - 05		
PESO DE LA TARA	(g)	46.94	47.87		
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	49.97	50.91		
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	49.38	50.31		
PESO DE AGUA	(g)	0.59	0.60		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.44	2.44		
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	24.18	24.59		



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA	
LIMITE LIQUIDO	40
LIMITE PLASTICO	24
INDICE DE PLASTICIDAD	16

OBSERVACIONES
Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Alvarez
 LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES
 CALLE 12 N° 1000, PUNO, PERU
 TEL: 087 4211111

Alvarez
 LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES
 CALLE 12 N° 1000, PUNO, PERU
 TEL: 087 4211111



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY DETERMINATION OF WATER (MOISTURE) CONTENT OF SOIL AND ROCK BY MASS (ASTM D 2216 - B)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	1_UOV_1-00/21-001-G&C
		Fecha	01 de Septiembre de 2021

I. DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	: SUELO PATRON	SOLICITANTE	: BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
CALIGATA	: C - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
MUESTRA	: M - 01	CLASIF. SUELOS	: (CL) / A-G (12)
PROFUND.	: 0.20 - 1.60 m.		

N° DE ENSAYOS		1	2	3
N° Tara		CH - 01	CH - 02	CH - 03
Peso Tara	(g)	70.72	72.20	78.94
Peso Tara + Suelo Humedo	(g)	362.78	418.26	461.66
Peso Tara + Suelo Seco	(g)	321.11	379.13	420.19
Peso Agua	(g)	31.67	39.13	41.46
Peso Suelo Seco	(g)	250.39	306.93	341.25
Contenido de Humedad	(g)	12.65	12.75	12.15
PROMEDIO	(%)	12.52		

Observaciones:

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
INGENIERO CIVIL
C.O.E. N° 10000

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES
CALLE 10000



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS

STANDARD TEST METHODS FOR SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS BY WATER PYCNOMETER (ASTM D 854-14)

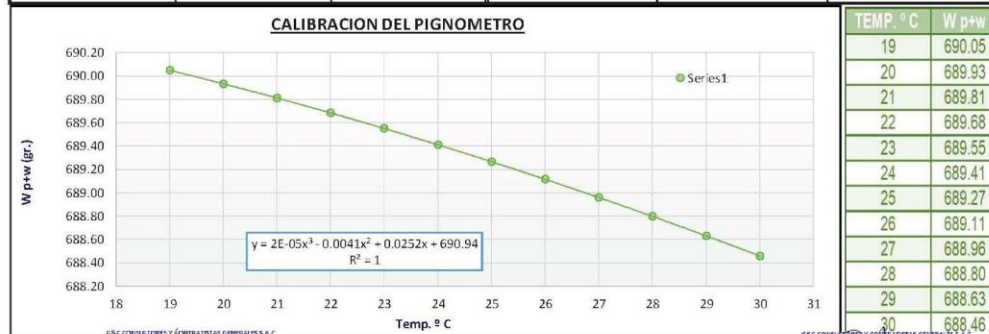
TESIS	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-001-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO PATRON	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI	COORDENADAS
CALICATA : C - 01		ESTE
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE
PROFUND. : 0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS : (CL) / A-6 (12)	COTA

DATOS DE LA MUESTRA	CUADRO DE RESULTADOS	
CLASIF. SUCS : CL	TEMPERATURA DE ENSAYO	20 °
CLASIF. AASTHO : A-6 (12)	FACTOR "K"	1.0000
DESCRIP. SUCS : Arcilla de baja plasticidad con arena	GS (Promedio)	2.76 g/cm3

PICNÓMETRO N°	C-500			OBSERVACIONES	
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	[cm3]	250	250	250	LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE Y ETIQUETADAS POR EL MISMO.
PESO PICNÓMETRO , gr.	[g]	114.65	114.65	114.65	
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	[g]	164.65	164.65	164.65	
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	[g]	50.00	50.00	50.00	
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	[g]	720.65	720.56	720.63	
PESO PICN. + AGUA a C.T.(20°C) , gr. (W2)	[g]	689.93	689.93	689.93	
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	[g]	688.69	688.69	688.69	
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	[°C]	26	26.5	21	
GS A TEMPERATURA ENSAYO	[°T]	2.771	2.757	2.768	
GS A 20 ° C	[°C]	2.767	2.753	2.764	
PROMEDIO GS A 20 ° C	[g/cm3]	2.76			

DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS					
TEMP ° C	γw	K	TEMP. ° C	γw	K
19	0.9984347	1.0002	25	0.9970770	0.9989
20	0.9982343	1.0000	26	0.9968156	0.9986
21	0.9980233	0.9998	27	0.9965451	0.9983
22	0.9978019	0.9996	28	0.9962652	0.998
23	0.9975702	0.9993	29	0.9959761	0.9977
24	0.9973286	0.9991	30	0.9956780	0.9974



BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CIP: 414.048)

BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CIP: 414.048)



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m /m³)) (ASTM D1557-12a1)

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRETURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2D21	Registro N° : T_UCV_1-09/21-001-G&C
	Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO PATRON	SOLICITANTE : BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI	COORDENADAS
CALCATA : C - 01		ESTE :
MUESTRA : M - 01	TAMAÑO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE :
PROFUND. : 0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS : (ICL) / A-6 (I2)	COTA : m s. n. m.

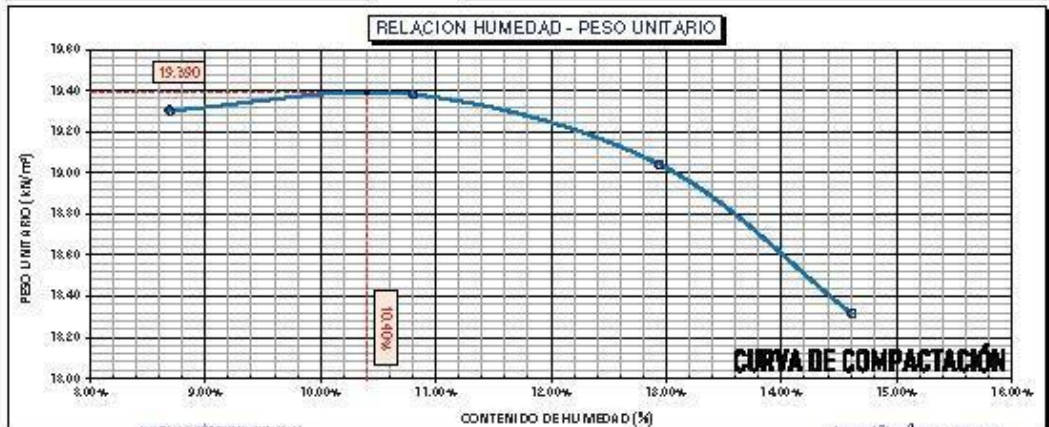
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS) :	CL	% Ret. Tamiz 3/4" :	MÉTODO DE ENSAYO : Método 'A'
CLASIFICACIÓN (ASH TO) :	A-6 (I2)	% Ret. Tamiz 3/8" :	No DE CAPAS : 05
DESCRIPCIÓN (SUCS) :	Arcilla de baja plasticidad con arena	% Ret. Tamiz N°4 :	GOLPES POR CAPA : 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	933 cm ³
MASA DEL MOLDE	3,617 g.	TIPO DE MARTILLO	Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	q.	9614	9661	9664	9615
Masa del Molde	q.	3617	3617	3617	3617
Masa del Suelo Humedo	q/c m ³	1997	2044	2047	1998
Densidad del Suelo Humedo	q/c m ³	2.139	2.190	2.193	2.140

Capsula No	No	TP-01	TP-02	TP-03	TP-04
Masa de la Capsula	q.	45.45	49.98	48.25	46.78
Suelo Humedo + Capsula	q.	281.05	215.51	228.39	231.27
Masa del Suelo Seco + Capsula	q.	262.21	199.33	207.75	207.75
Masa del Agua	q.	18.84	16.18	20.64	23.52
Masa del Suelo Seco	q.	216.76	149.75	159.90	160.97
Humedad (%)	%	8.69%	10.80%	12.90%	14.61%
Promedio de Humedad (%)	%	8.69%	10.80%	12.90%	14.61%
Densidad del Suelo Seco	q/c m ³	1.958	1.976	1.942	1.868
Peso Unitario Seco	KN/m ³	19.30	19.38	19.04	18.31

PROCTOR MODIFICADO : ASTM D-1557-12a1	PESO UNITARIO SECO : 1.977 gr/cc	19.390 KN/m³
MET. DE PREPARACIÓN : Húmedo	HUMEDAD ÓPTIMA : 10.40 %	10.40 %



OBSERVACIONES : Las muestras fueron hechas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 01-20112



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1557 - 03)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIVIENDO Y EQUIPADO PARA USO DE LAS PROMEDAS DE SUELOS MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	T_001_F-001-001-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DADOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA	SUELO PAREJO	SOLICITANTE	BACH. I.C. HUANCA ELVES RODRIGUEZ ASQUIL
CLASIFICACION	CL - 01		
MUESTRA	U - 01	TAMANO NOMINAL	12 in.
PROPUNDA	0.20 - 1.00 m.	CLASIF. SUELOS	(CL) / (A-6) (1.2)
		ESTE	
		NORTE	
		COTA	19.427 m.

DADOS DE LA MUESTRA		DADOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACION (SUELO)	CL	METODO DE ENMO	M-50/50*
CLASIFICACION (AGUJERO)	A-6 (1.2)	PESO UNITARIO SECO	19.24 kN/m ³
DESCRIPCION (SUELO)	Arilla de baja plasticidad con arena	HUMEDAD OPTIMA	10.40 %
		TIEMPO DE INMERSION	4 Días (76 h)
		TIPO DE MUESTRAS	Manual
		NET. DE PREPARACION	Porvado

NOLDE No	COO.	A-7	M-12	Q-12
NUMERO DE CAPAS	n°	3	3	3
NUMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1

CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR
---------------------------	-----	--------------	----------	--------------	----------	--------------	----------

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Nolde	g.	120.76	123.23	110.94	114.41	1031.4	112.96
Masa del Nolde	g.	633.2	633.2	634.6	634.6	7120	7120
Masa del Suelo Humedo	g.	324.3	324.2	427.7	427.2	3214	40.76
Volumen del Suelo	cm ³	214.6	214.6	214.6	214.6	214.6	21.46
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.494	2.375	1.979	2.141	1.494	1.900
Capas No	no	PC - 1	PC - 2	PC - 3	PC - 4	PC - 5	PC - 6
Masa de la Capas	g.	32.93	34.99	35.17	34.75	32.34	31.21
Suelo Humedo + Capas	g.	321.71	323.71	342.63	423.91	477.73	343.23
Masa del Suelo Seco + Capas	g.	430.47	430.30	517.27	434.32	440.47	496.63
Masa del Agua	g.	41.24	49.73	44.70	49.39	37.26	56.33
Masa del Suelo Seco	g.	290.32	404.99	432.70	346.77	359.53	414.27
% de Humedad	%	10.40%	12.28%	10.33%	14.12%	10.40%	16.04%
Promedio de Humedad	%	10.40%	12.28%	10.33%	14.12%	10.40%	16.04%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	2.325	2.204	1.794	1.576	1.554	1.857
Peso Unitario Seco	lb/m ³	21.500	22.494	17.559	15.401	15.029	16.024

EXPANSION											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	101.00	0.00	0.00	264.00	0.00	0.00	160.00	0.00	0.00
		24:00:00	406.30	2.63	2.07	396.30	2.63	2.07	352.20	4.90	3.26
		48:00:00	440.00	3.71	2.92	440.00	4.30	3.34	373.00	3.46	4.29
		72:00:00	436.00	4.43	3.66	471.30	3.30	4.17	393.00	3.29	4.22
		96:00:00	379.00	3.23	4.12	311.00	6.39	4.96	424.00	6.71	3.28

PENETRACION															
PENETRACION		Tiempo	Carga Estándar Kg-Fuerza / Nps	NOLDE No A-7				NOLDE No M-12				NOLDE No Q-12			
mm	Pulg.			LECTURA %q ²	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. 06-1	LECTURA %q ²	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. 06-1	LECTURA %q ²	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. 06-1
0.00	0	03:00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.05	0.025	03:30		17.0	0.28	0.09		17.9	0.33	0.09		11.3	0.39	0.06	
1.37	0.055	01:00		24.2	1.25	0.13		21.7	1.12	0.11		13.9	0.72	0.07	
1.90	0.075	01:30		33.4	1.73	0.17		23.4	1.31	0.13		15.3	0.79	0.08	
2.54	0.100	02:00	70.51 / 6.9	39.9	2.06	0.20	2.90	23.2	1.46	0.13	2.17	16.4	0.83	0.08	
3.17	0.125	02:30		43.6	2.36	0.23		32.2	1.66	0.16		17.0	0.83	0.09	
3.81	0.150	03:00		51.3	2.66	0.26		34.6	1.79	0.18		18.2	0.94	0.09	
5.05	0.200	04:00	105.48 / 10.35	69.9	3.13	0.31	3.00	39.3	2.04	0.20	3.95	18.7	0.97	0.09	
6.55	0.250	05:00		79.9	3.66	0.36		46.6	2.23	0.22		20.3	1.06	0.10	
7.62	0.300	06:00		79.0	4.03	0.40		47.3	2.46	0.24		21.3	1.11	0.11	
8.26	0.350	07:00		88.0	4.33	0.43		51.3	2.66	0.26		22.1	1.14	0.11	
10.16	0.400	08:00		93.2	4.82	0.48		54.3	2.82	0.28		23.3	1.21	0.12	
11.45	0.450	09:00		102.2	5.28	0.52		58.0	3.00	0.29		24.9	1.29	0.13	
12.70	0.500	10:00		111.4	5.76	0.56		61.1	3.16	0.31		26.2	1.34	0.13	

OBSERVACIONES: Las mediciones fueron pasadas en el laboratorio por el solicitante o alguacilado por el mismo.
 El CBR se indica en el indicador de lectura digital o transductor de fuerza "GOLDEN TRO" S.
 Certificado N° NT-LF-140-3030/R2300; Certificado N° NT-LF-036-3030/G&C 1002



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

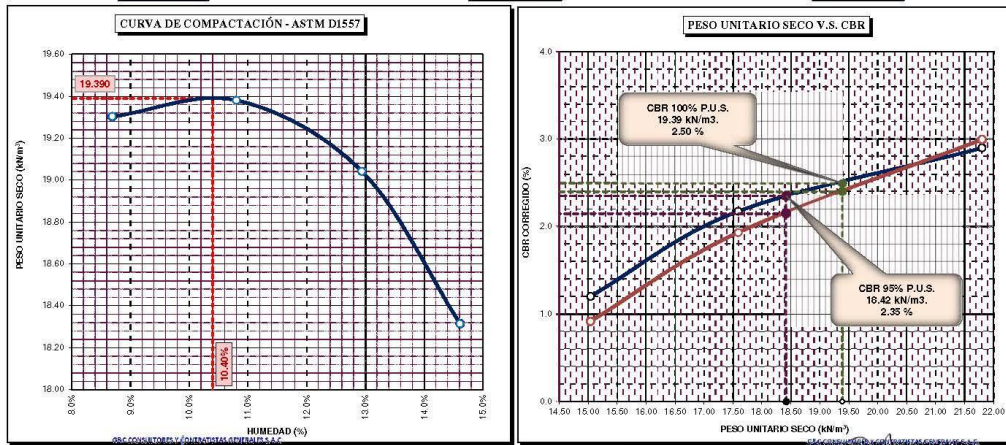
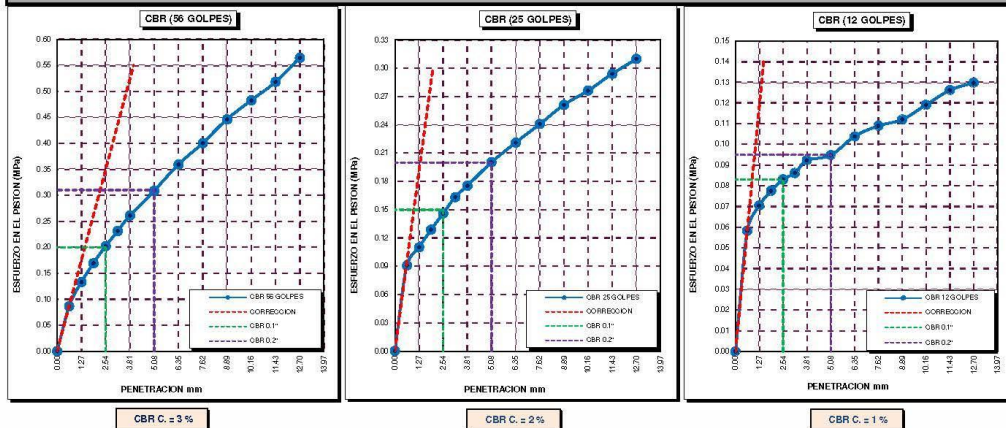
PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-001-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
PROCEDENCIA	SUELO PATRON	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
CALICATA	C - 01	COORDENADAS ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.
MUESTRA	M - 01	
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.	
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	
	CLASIF. SUELOS : (CL) / A-6 (12)	

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	CL	NORMA	ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-6 (12)	METODO DE ENSAYO	Método "A"
DESCRIPCIÓN (SUCS)	Arcilla de baja plasticidad con arena	TIEMPO DE INMERSIÓN	4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	19.39 kN/m ³
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	18.42 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	10.40 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	2.50 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	2.40 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	2.35 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	2.15 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Certificado N° MT-LF-240-2020/R3283; Certificado N° MT-LF-026-2020/G&C01003

Ing. Alex Luis Gomez Calle
 INGENIERO EN INVESTIGACION Y ENSAYO DE MATERIALES
 CIP: 289174



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

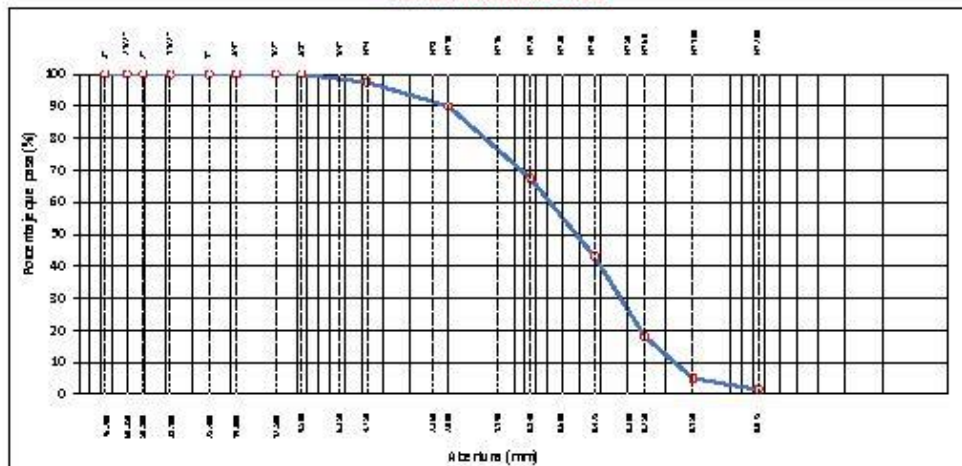
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

OBRA : INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : FUCV-109/21-002-G&C Fecha : 01 de Septiembre del 2021
--	--

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : VIDRIO RECICLADO	SOLICITANTE : BACH. J.C. FRANK	COORDENADAS
USO : ESTABILIZACIÓN		ESTE :
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/4" h	NORTE :
CON FINES : Investigación	CLASIF. SUELOS : VIDRIO SELECCIONADO	COTA :

TAMIZO	DIÁMETRO (mm)	MASA RETENIDA	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	REQUISITOS ESTÁNDARES OLANORON (ASTM D 422-63 (2007) e2)
10 in	254.000						Masa total seco : 2201.6 gr.
6 in	152.400						Masa Global : 2201.6 gr.
5 in	127.000						CARACTERÍSTICAS FISICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (%): 12.0 TAMANO MÁXIMO : 1/4 in Límite Líquido (LL): NP Límite Plástico (LP): NP Índice Plástico (PI): NP Clasificación (SUCS): - Clasificación (AASHTO): - Índices de Consistencia: NP
4 in	101.600						
3 in	76.200						
2 1/2 in	63.500						
2 in	50.800						
1 1/2 in	38.100						
1 in	25.400						
3/4 in	19.000						
1/2 in	12.500						
3/8 in	9.500						
1/4 in	6.350				100.00		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
Nº 4	4.750	54.96	2.50	2.50	97.50		Descripción (AASHTO): BUENO
Nº 8	2.360						Descripción (SUCS): Arena pobremente graduada
Nº 10	2.000	165.23	7.50	10.00	90.00		
Nº 16	1.190						Materia Orgánica : -
Nº 20	0.840	495.45	22.50	32.51	67.49		Turba : -
Nº 30	0.600						CU : 3.963 CC : 0.755
Nº 40	0.425	539.47	24.50	57.01	42.99		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº 50	0.300						Grava > 2" : 0.00
Nº 60	0.250	550.40	25.00	82.01	17.99		Grava 2" - Nº 4 : 2.50
Nº 100	0.150	286.22	13.00	95.01	4.99		Arena Nº4 - Nº 200 : 96.01
Nº 200	0.075	77.00	3.50	98.51	1.49		Fines < Nº 200 : 1.49
< Nº 200	RONDO	32.87	1.49	100.00			esp" : 0.0%

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones: LAS ANÁLISIS DE SUELOS SE HICIERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO.

J.C. FRANK
 INGENIERO CIVIL
 N° 12345
 PUNO, PERÚ

G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 AV. INDUSTRIAL N° 1234
 PUNO, PERÚ



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e0)

OBRA	INCORPORACIÓN DE VIDRIO RECICLADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUÑO-2021	Registro N°	PK08-07/21-002-G&C
		Fecha	01 de Septiembre de 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUÑO - DEPARTAMENTO DE PUÑO		
PROCEDENCIA	VIDRIO RECICLADO	SOLICITANTE	BACH. I.C. FRANK
USO	ESTABILIZACIÓN	COORDENADAS	
MUESTRA	M - 01	TAMAÑO MÁXIMO	1/4"
CON FINES	Investigación	CLASIF. SUELOS	VIDRIO SELECCIONADO
		ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	:

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)				
Nº. DE TARA	n°			
MASA DE LA TARA	[g]		NP	
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]			
MASA TARA + SUELO SECO	[g]			
MASA DE AGUA	[g]			
MASA DEL SUELO SECO	[g]			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)			
NÚMERO DE GOLPES	n°			

LÍMITE PLÁSTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)					
Nº. DE TARA					
MASA DE LA TARA	[g]		NP		
MASA TARA + SUELO HUMEDO	[g]				
MASA TARA + SUELO SECO	[g]				
MASA DE AGUA	[g]				
MASA DEL SUELO SECO	[g]				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	NP		NP	



CONSTANTES FÍSICAS DE LA MUESTRA	
LÍMITE LÍQUIDO	NP
LÍMITE PLÁSTICO	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	NP

OBSERVACIONES

LAS MUESTRAS Y DATOS FUERON PROPORCIONADOS POR EL RESPONSABLE DEL ESTUDIO


FRANK
INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
REG. PROF. N.º 123456789
BO. 2010


G&C
INGENIEROS CONSULTORES
BO. 2010



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS

STANDARD TEST METHODS FOR SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS BY WATER PYCNOMETER (ASTM D 854-14)

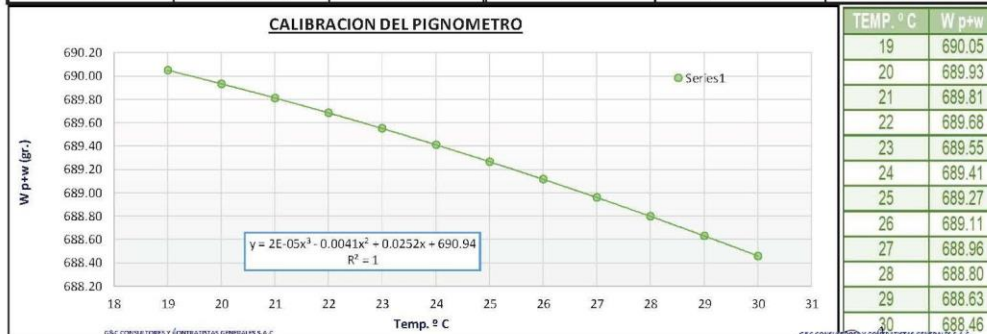
TESIS	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES : FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-002-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : VIDRIO RECICLADO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI	COORDENADAS ESTE NORTE COTA
USO : ESTABILIZACION	TAMANO MÁXIMO : 1/4 in.	
MUESTRA : M - 01	CLASIF. SUELOS : VIDRIO SELECCIONADO	
CON FINES : Investigación		

DATOS DE LA MUESTRA	CUADRO DE RESULTADOS	
CLASIF. SUCS : VIDRIO	TEMPERATURA DE ENSAYO	20 °
CLASIF. AASTHO : SELECCIONADO	FACTOR "K"	1.0000
DESCRIP. SUCS : -	GS (Promedio)	2.53 g/cm3

PICNÓMETRO N°		C-500			OBSERVACIONES
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	[cm3]	500	500	500	LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE Y ETIQUETADAS POR EL MISMO.
PESO PICNÓMETRO , gr.	[g]	114.65	114.65	114.65	
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	[g]	214.65	214.65	214.65	
PESO SUELO SECO , gr. (W _s)	[g]	100.00	100.00	100.00	
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	[g]	749.45	748.98	749.13	
PESO PICN. + AGUA a C.T.(20°C) , gr. (W2)	[g]	689.93	689.93	689.93	
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	[g]	688.69	688.69	688.69	
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	[°C]	26	26.5	21	
GS A TEMPERATURA ENSAYO	[°T]	2.548	2.518	2.528	
GS A 20 ° C	[°C]	2.544	2.514	2.524	
PROMEDIO GS A 20 ° C	[g/cm3]	2.53			

DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS					
TEMP ° C	γ _w	K	TEMP. ° C	γ _w	K
19	0.9984347	1.0002	25	0.9970770	0.9989
20	0.9982343	1.0000	26	0.9968156	0.9986
21	0.9980233	0.9998	27	0.9965451	0.9983
22	0.9978019	0.9996	28	0.9962652	0.998
23	0.9975702	0.9993	29	0.9959761	0.9977
24	0.9973286	0.9991	30	0.9956780	0.9974



BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CUI: 414348)

ING. ALEX LUJA GOMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CUI: 200176)



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

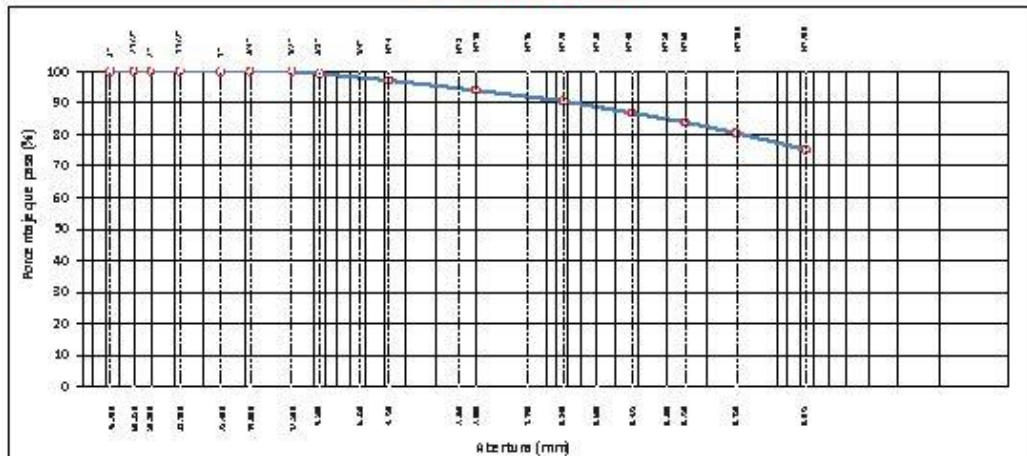
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	7_UCV_09/21-003-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
POSICIÓN	SUELO PAVIMENTO - AN 10000	SOLICITANTE	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 01		
MUESTRA	M - 01	TAMANO MÁXIMO	1/2 in.
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS	(ML) / A-6 (10)
		COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m s. n. m.

TAMIZ	ANOTOT-2 (µm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	REPRESENTACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D ₁₀ - D ₃₀ - D ₅₀ - D ₆₀ - D ₇₅ - D ₁₀₀)	
10 in.	254.000						Período de secado : 997.17 gr.	
6 in.	152.400						Período global : 997.17 gr.	
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS BÁSICAS DEL SUELO	
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%) :	-
3 in.	76.200						TAMANO MÁXIMO :	1/2 in.
2 1/2 in.	63.500						Límite Líquido (LL) :	39
2 in.	50.800						Límite Plástico (LP) :	25
1 1/2 in.	38.100						Índice Plastico (PI) :	13
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS) :	ML
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO) :	A-6 (10)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia :	2.14
3/8 in.	9.500	5.56	0.63	0.63	99.37		DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO) :	MALO
Nº 4	4.750	19.92	2.26	2.87	97.13		Descripción (SUCS) :	Limo de baja plasticidad con arena
Nº 8	2.360						Materia Orgánica :	-
Nº 10	2.000	27.25	3.07	5.94	94.06		Turba :	-
Nº 16	1.190						CU :	0.000
Nº 20	0.840	30.30	3.42	9.36	90.64		CC :	0.000
Nº 30	0.600						CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS	
Nº 40	0.425	33.56	3.78	13.14	86.86		Grava > 2" :	0.00
Nº 50	0.300						Grava 2" - Nº 4 :	2.87
Nº 60	0.250	26.00	2.93	16.07	80.90		Arena Nº4 - Nº 200 :	21.89
Nº 100	0.150	30.50	3.44	19.51	80.49		Fines < Nº 200 :	75.24
Nº 200	0.075	46.56	5.25	24.76	75.24		No 2" :	0.0%
< Nº 200	RONDO	667.52	75.24	100.00				

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: Las muestras fueron evaluadas en el laboratorio por el personal y clasificadas por el mismo.

Frank Elvis Rodríguez Asqui
 BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

Francisco Javier...
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	1_001_199/21-003-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
POSICIÓN	SUELO PATRON + 4% VIDRIO	SOLICITANTE	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 01	TAMANO MÁXIMO	1/2 in.
MUESTRA	M - 01	CLASIF. SUELOS	(M.L) / A-6 (10)
PROFUND.	10.20 - 1.60 m.		

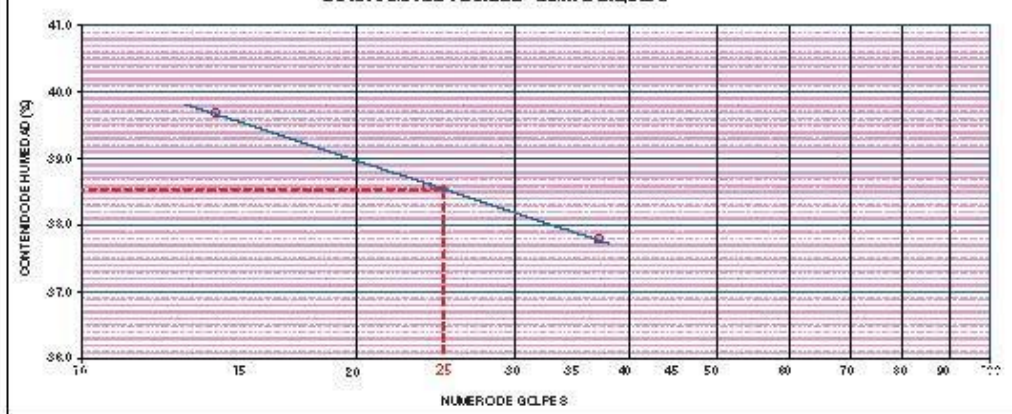
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Niv. DE TARA	n°	LC - 06	LC - 07	LC - 08
PESO DE LA TARA	(g)	46.83	46.96	42.95
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	65.87	63.90	59.72
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	60.46	58.83	56.12
PESO DE AGUA	(g)	5.41	4.97	4.6
PESO DEL SUELO SECO	(g)	13.63	12.88	12.17
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.69	38.59	37.80
NUMERO DE GOLPES	n°	14	24	37

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Niv. DE TARA		LC - 09	LC - 10
PESO DE LA TARA	(g)	46.39	49.02
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	48.96	52.78
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	48.44	52.02
PESO DE AGUA	(g)	0.52	0.76
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.05	3.00
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	25.37	25.33

DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	39
LIMITE PLASTICO	25
INDICE DE PLASTICIDAD	10

OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Alfonso
LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES
CALLE 12 N° 1000, PUNO - PERU
TEL: 087 4211111

Frank
LABORATORIO DE INVESTIGACION Y ENSAYOS DE MATERIALES
CALLE 12 N° 1000, PUNO - PERU
TEL: 087 4211111



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS

STANDARD TEST METHODS FOR SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS BY WATER PYCNOMETER (ASTM D 854-14)

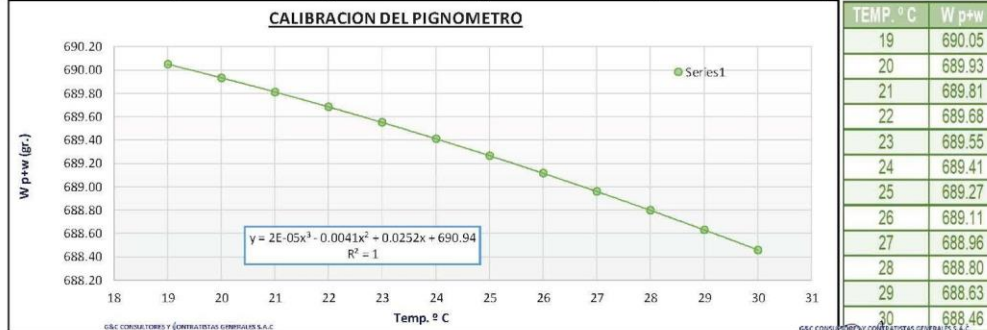
TESIS	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES : FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-003-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO PATRON + 4% VIDRIO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI	COORDENADAS
EXPERIMENTO : EXP. - 01		ESTE
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE
PROFUND. : 0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS : (ML) / A-6 (10)	COTA

DATOS DE LA MUESTRA	CUADRO DE RESULTADOS	
CLASIF. SUCS : ML	TEMPERATURA DE ENSAYO	20 °
CLASIF. AASTHO : A-6 (10)	FACTOR "K"	1.0000
DESCRIP. SUCS : Limo de baja plasticidad con arena	GS (Promedio)	2.75 g/cm3

PICNÓMETRO N°	C-500			OBSERVACIONES	
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	[cm3]	250	250	250	LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE Y ETIQUETADAS POR EL MISMO.
PESO PICNÓMETRO , gr.	[g]	114.65	114.65	114.65	
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	[g]	189.65	189.65	189.65	
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	[g]	75.00	75.00	75.00	
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	[g]	736.55	736.41	736.56	
PESO PICN. + AGUA a C.T.(20°C) , gr. (W2)	[g]	689.93	689.93	689.93	
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	[g]	688.69	688.69	688.69	
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	[°C]	26	26.5	21	
GS A TEMPERATURA ENSAYO	[°T]	2.763	2.749	2.764	
GS A 20 ° C	[°C]	2.759	2.745	2.760	
PROMEDIO GS A 20 ° C	[g/cm3]	2.75			

DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS					
TEMP ° C	γw	K	TEMP. ° C	γw	K
19	0.9984347	1.0002	25	0.9970770	0.9989
20	0.9982343	1.0000	26	0.9968156	0.9986
21	0.9980233	0.9998	27	0.9965451	0.9983
22	0.9978019	0.9996	28	0.9962652	0.998
23	0.9975702	0.9993	29	0.9959761	0.9977
24	0.9973286	0.9991	30	0.9956780	0.9974



BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CUI: 414348)

ING. ALEX LINA GÓMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CUI: 200176)



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m /m³)) (ASTM D1557-12a 1

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	: T_UCV_1-09/21-003-G&C
		Fecha	: 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DIRECCIÓN	: SUR OESTE + 45° 1000	SOLICITANTE	: G&C I.C. FRANK LEVIZ RODRIGUEZ ASQUINI
EXPERIMENTO	: EXP. - 01	TAMAÑO MÁXIMO	: 1/2 in.
MUESTRA	: M - 01	CLASIF. SUELOS	: (ML) / A-6 (10)
PROFUND.	: 0.20 - 1.60 m.	ESTE	:
		NORTE	:
		COTA	: m.s.n.m.

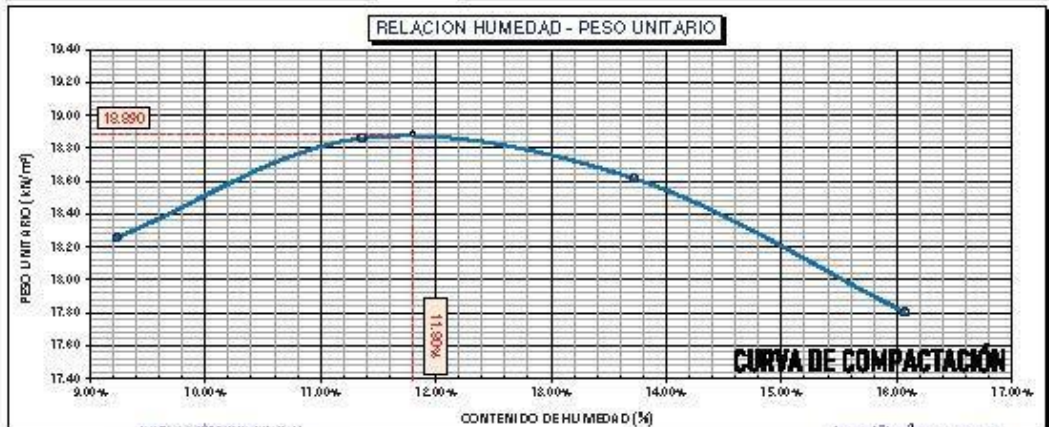
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: ML	% Ret. Tamiz 3/4"	: METODO DE ENSAYO Método 'A'
CLASIFICACIÓN (ASH TO)	: A-6 (10)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 0.63 %
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Limo de baja plasticidad con arena	% Ret. Tamiz N°4	: 2.87 %
		No DE CAPAS	: 05
		GOLPES POR CAPA	: 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	: 933 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,617 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	q.	5515	5616	5632	5589
Masa del Molde	q.	3617	3617	3617	3617
Masa del Suelo Humedo	q/c m ³	1898	1999	2015	1967
Densidad del Suelo Humedo	q/c m ³	2.033	2.142	2.159	2.107

Capsula No	No	TP-05	TP-06	TP-07	TP-08
Masa de la Capsula	q.	48.95	49.47	45.42	45.90
Suelo Humedo + Capsula	q.	260.79	277.17	275.05	258.95
Masa del Suelo Seco + Capsula	q.	242.89	253.94	247.70	229.40
Masa del Agua	q.	17.90	23.23	27.75	29.55
Masa del Suelo Seco	q.	193.94	204.47	202.28	183.90
Humedad (%)	%	9.23%	11.26%	13.72%	16.07%
Promedio de Humedad (%)	%	9.23%	11.26%	13.72%	16.07%
Densidad del Suelo Seco	q/c m ³	1.852	1.923	1.898	1.816
Peso Unitario Seco	KN/m ³	18.26	18.86	18.62	17.80

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12a1	PESO UNITARIO SECO	1.926 gr/cc	18.890 KN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	11.80 %	11.80 %



OBSERVACIONES: Las muestras fueron obtenidas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

[Signature]
ING. JHONATAN GARCIA GARCIA
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AGUA
 N.º 12112

[Signature]
ING. JHONATAN GARCIA GARCIA
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA TIERRA Y DEL AGUA
 N.º 12112



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

GENERAL CONTRACTORS AND CONSULTANTS

AGENCIAS DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1557 - 03)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO RECICLADO PARA USO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	T_001_F-001-000-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DADOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DESCRIPCIÓN	SUELO FANTOM 1-4% VIDRIO	SOLICITANTE	BACH, I.C. HUAN LUIS RODRIGUEZ ASQUIL
EXP. DEM. ENFO	EXP. - 01	TAMAÑO NÚMERO	12 IN.
MUESTRA	U - 01	CLASIF. SUELOS	(U4) / A-6 (10)
PROPUNDA	0.20 - 1.00 M.		
		ESTE	
		NORTE	
		COTA	19.427

DADOS DE LA MUESTRA		DADOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	U4	METODO DE ENFO	Método "A"
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-6 (10)	PESO UNITARIO SECO	1.624 kg/m ³
DESCRIPCIÓN (SUCS)	limo de baja plasticidad con arena	HUMEDAD ÓPTIMA	11.60 %
		TIEMPO DE INMERSIÓN	4 Días (76 de día)
		TIPO DE MORTAJE	Manual
		NET. DE PREPARACIÓN	Porvado

NOLDE No	COO.	A-4	A-30	Q-0
NÚMERO DE CAPAS	n°	3	3	3
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR	SIN SUPERIOR
		SUPERIOR	SUPERIOR	SUPERIOR

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Nolde	g.	119.99	1.20.30	1.21.30	1.23.01	10.91.7	11.27.1
Masa del Nolde	g.	7.22.0	7.22.0	7.71.2	7.71.2	6.52.2	6.52.2
Masa del Suelo Humedo	g.	474.3	433.2	440.3	447.9	407.3	44.33
Volumen del Suelo	cm ³	210.3	210.3	210.4	210.4	213.4	21.33
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.199	2.051	2.093	2.132	1.907	2.062
Capas No	no	PC-7	PC-5	PC-9	PC-10	PC-11	PC-12
Masa de la Capas	g.	32.69	33.32	31.30	33.36	33.93	34.79
Suelo Humedo + Capas	g.	379.10	348.30	473.69	601.31	362.41	694.17
Masa del Suelo Seco + Capas	g.	326.76	492.97	433.99	339.96	464.03	326.29
Masa del Agua	g.	32.40	36.01	41.70	70.33	43.36	77.28
Masa del Suelo Seco	g.	444.07	409.40	332.19	447.10	403.12	442.10
% de Humedad	%	11.20%	13.69%	11.24%	15.73%	11.23%	17.48%
Promedio de Humedad	%	11.207%	13.69%	11.24%	15.73%	11.23%	17.48%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.959	1.985	1.568	1.565	1.892	1.755
Peso Unitario Seco	kg/m ³	19.235	19.250	15.105	15.515	18.595	17.209

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	437.60	0.00	0.00	694.00	0.00	0.00	613.10	0.00	0.00
		24:00:00	497.30	1.32	1.20	770.00	1.04	1.52	316.10	5.13	4.03
		48:00:00	530.00	2.50	1.97	823.50	3.23	2.59	324.20	5.27	4.24
		72:00:00	577.00	3.34	2.79	877.30	4.96	3.67	326.00	5.40	4.23
		96:00:00	583.00	3.69	2.91	882.30	4.79	3.77	323.30	5.38	4.24

PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN			NOLDE No A-4				NOLDE No A-30				NOLDE No Q-0			
mm	Pulg.	Tiempo	LECTURA "kg"	σ kg/cm ²	σ Npa	CBR Corr. (%)	LECTURA "kg"	σ kg/cm ²	σ Npa	CBR Corr. (%)	LECTURA "kg"	σ kg/cm ²	σ Npa	CBR Corr. (%)
0.00	0	00:00	0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00		0.0	0.00	0.00	
0.05	0.02	00:30	49.6	2.36	0.23		42.2	2.18	0.21		16.0	0.83	0.08	
1.37	0.05	01:00	76.8	3.97	0.39		59.6	3.00	0.30		26.4	1.32	0.13	
1.90	0.07	01:30	102.6	5.39	0.52		74.0	3.62	0.35		36.0	1.79	0.18	
2.54	0.10	02:00	126.6	6.34	0.64	9.42	86.2	4.40	0.44	6.52	40.0	2.07	0.20	3.90
3.17	0.12	02:30	150.0	7.23	0.76		97.6	5.04	0.49		48.6	2.43	0.22	
3.81	0.15	03:00	171.8	8.20	0.87		107.2	5.34	0.54		49.2	2.44	0.24	
5.05	0.20	04:00	208.2	10.79	1.06	30.34	124.8	6.46	0.64	6.09	32.2	2.70	0.26	3.56
6.55	0.25	05:00	246.0	12.71	1.23		140.6	7.27	0.71		37.0	2.93	0.29	
7.62	0.30	06:00	278.0	14.37	1.41		157.6	8.14	0.80		62.0	3.20	0.31	
8.20	0.32	07:00	313.6	16.31	1.60		167.0	8.63	0.83		66.8	3.43	0.34	
10.16	0.40	08:00	340.0	17.37	1.72		180.0	9.30	0.91		71.0	3.67	0.36	
11.45	0.45	09:00	368.0	19.07	1.87		189.2	9.70	0.96		75.6	3.91	0.38	
12.70	0.50	10:00	396.6	19.83	1.96		200.2	10.33	1.01		79.0	4.03	0.40	

OBSERVACIONES: Los resultados fueron pasados en el laboratorio por el software o alquilado por el mismo. El panel de CBR con indicador de lectura digital o transductor de fuerza "GOLDEN TRO" S. Certificado N° NT-UF-140-3030/R3300; Certificado N° NT-UF-036-3030/G&C01002





ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

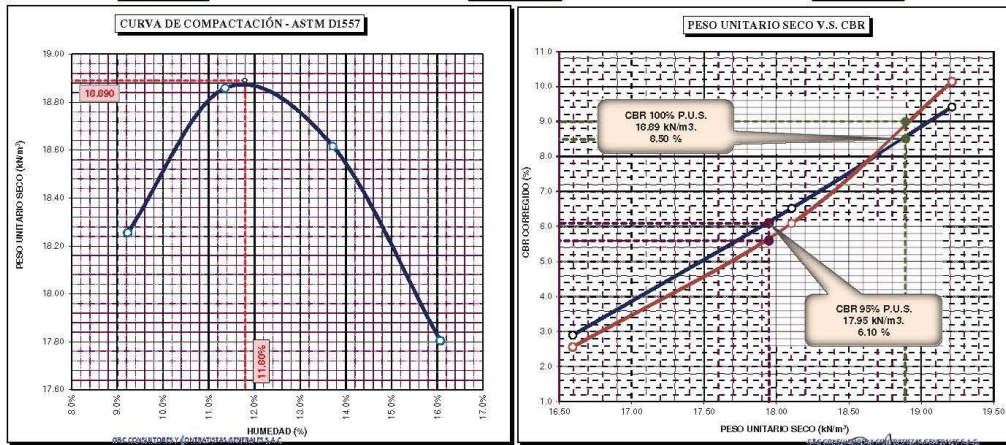
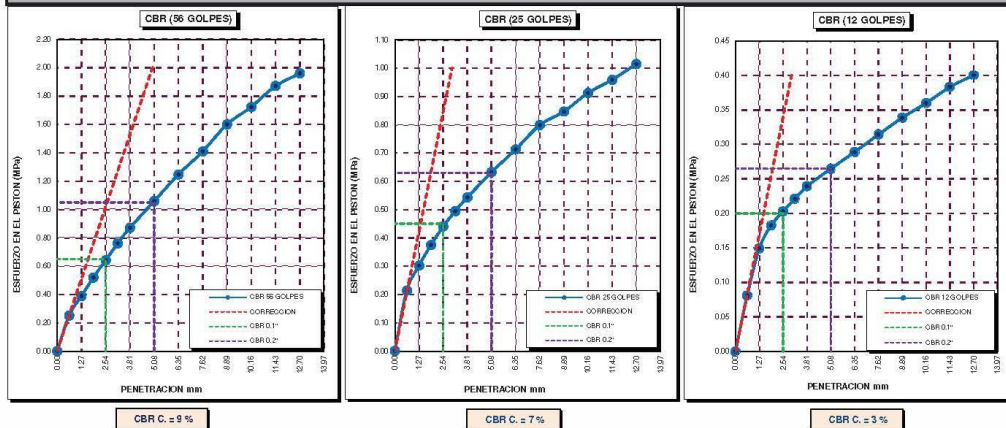
PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21+003-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
DOSIFICACIÓN	SUELO PATRON + 4% VIDRIO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 01	COORDENADAS
MUESTRA	M - 01	ESTE :
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.	NORTE :
	CLASIF. SUELOS : (ML) / A-6 (10)	COTA :
		m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	ML	NORMA	ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-6 (10)	METODO DE ENSAYO	
DESCRIPCIÓN (SUCS)	no de baja plasticidad con arc.	TIEMPO DE INMERSIÓN	4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	18.89 kN/m ³
		HUMEDAD UNITARIO SECO AL 95%	17.95 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	11.80 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	8.50 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	9.00 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	6.10 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	5.60 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Certificado N° MT-LF-240-2020/R3283; Certificado N° MT-LF-026-2020/G&C01003



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

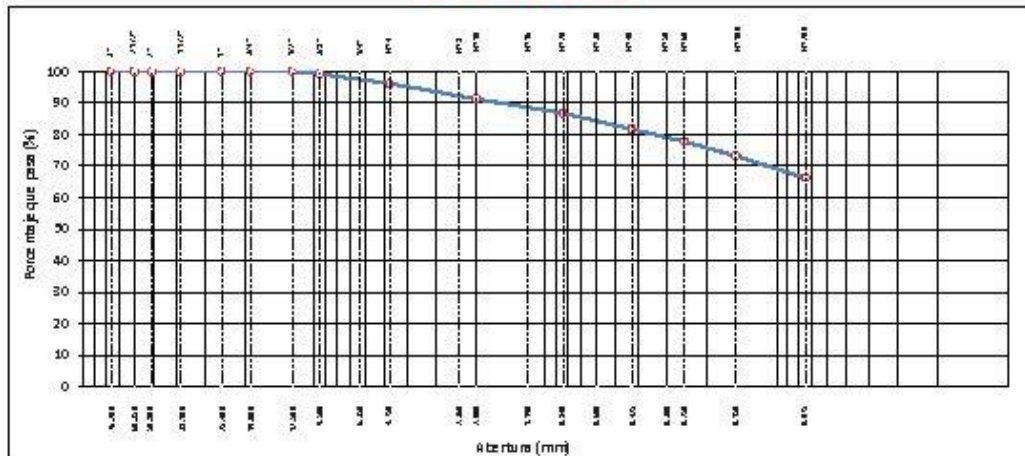
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	7_UCV_1-09/21-004-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
POSICIÓN	SUELO PARDI + 7% VIBRO	SOLICITANTE	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUÍ
EXPERIMENTO	EXP. - 02		
MUESTRA	M - 01	TAMANO MÁXIMO	1/2 in.
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS	(CL) / A-6 (7)
		COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : m.s.n.m.

TAMIZ	AMENTO (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACION	ENSAYOS ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D ₁₀ - D ₃₀ - D ₆₀)
10 in.	254.000						Peso Intelectual : 759.20 gr.
6 in.	152.400						Peso Global : 759.20 gr.
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DEL SUELO Contenido de Humedad (w) : TAMANO MÁXIMO : 1/2 in. Límite Líquido (LL) : 36 Límite Plástico (LP) : 23 Índice Plástico (IP) : 12 Clasificación (SUCS) : CL Clasificación (AASHTO) : A-6 (7) Índice de Consistencia : 2.06
4 in.	101.600						
3 in.	76.200						
2 1/2 in.	60.350						
2 in.	50.800						
1 1/2 in.	38.100						
1 in.	25.400						
3/4 in.	19.000						
1/2 in.	12.500				100.00		
3/8 in.	9.500	6.22	0.82	0.82	99.18		
1/4 in.	6.350						
Nº 4	4.750	22.48	2.98	3.80	96.20		
Nº 8	2.360						
Nº 10	2.000	36.95	4.90	8.70	91.30		
Nº 16	1.190						
Nº 20	0.840	34.30	4.55	13.25	86.75		
Nº 30	0.600						
Nº 40	0.425	38.08	5.05	18.30	81.70		
Nº 50	0.300						
Nº 60	0.250	29.49	3.91	22.21	77.79		
Nº 100	0.150	34.64	4.59	26.80	73.20		
Nº 200	0.075	52.47	6.96	33.76	66.24		
< Nº 200	FONDO	499.60	66.24	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: Las muestras fueron extraídas en el laboratorio en el laboratorio y almacenadas en el mismo.

Frank Elvis Rodríguez Asquí
 BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUÍ
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
 01-11-1982

Francisco...
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERÍA
 01-11-1982



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	1_001_109/21-004-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
POSICIÓN	SUELO PATROW + 7% VIDRIO	SOLICITANTE	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 02	TAMANO MÁXIMO	1/2 in.
MUESTRA	M - 01	CLASIF. SUELOS	(CL) / A-S (7)
PROFUND.	10.20 - 1.60 m.		

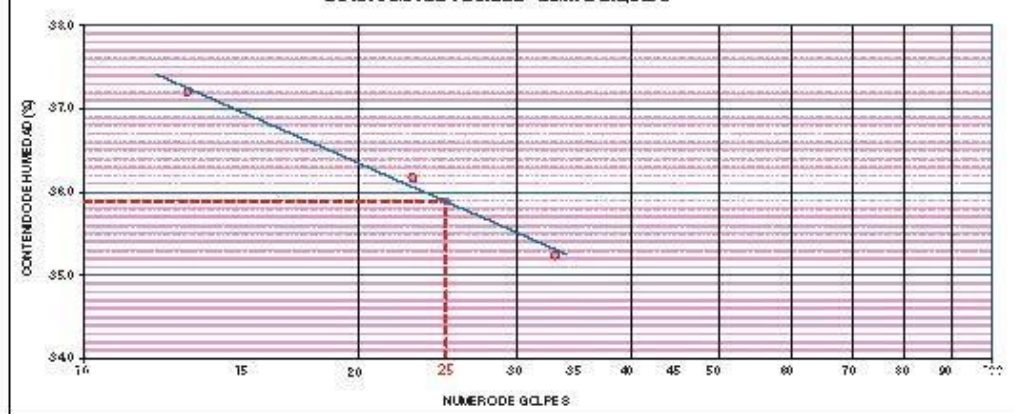
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Niv. DE TARA	n°	LC - 11	LC - 12	LC - 13
PESO DE LA TARA	(g)	46.79	48.08	34.45
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	63.27	65.51	53.56
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	58.53	60.88	48.58
PESO DE AGUA	(g)	4.74	4.63	4.98
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.74	12.9	14.13
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	37.21	36.17	35.24
NUMERO DE GOLPES	n°	13	23	33

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Niv. DE TARA		LC - 14	LC - 15
PESO DE LA TARA	(g)	46.56	46.74
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	48.73	50.20
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	48.13	49.54
PESO DE AGUA	(g)	0.60	0.66
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.57	2.80
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	23.35	23.57

DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	36
LIMITE PLASTICO	20
INDICE DE PLASTICIDAD	12

OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Frank Elvis Rodríguez Asqui
 BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 01.09.2012

Frank Elvis Rodríguez Asqui
 BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 INGENIERO EN CIENCIAS DE LA INGENIERIA
 01.09.2012



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS

STANDARD TEST METHODS FOR SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS BY WATER PYCNOMETER (ASTM D 854-14)

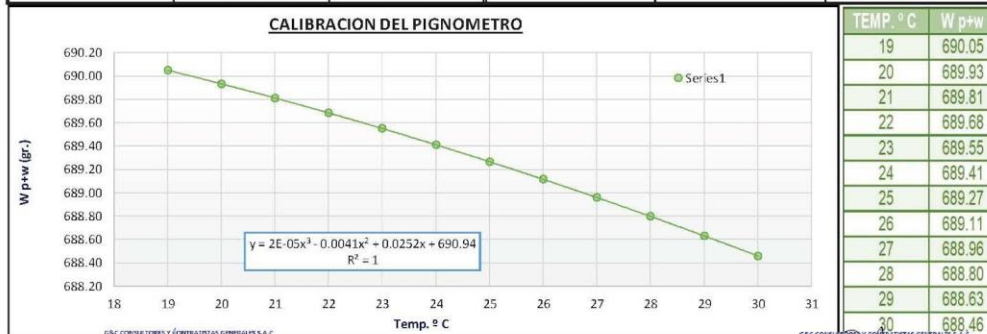
TESIS	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES : FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-004-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO PATRON + 7% VIDRIO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI	COORDENADAS
EXPERIMENTO : EXP. - 02		ESTE
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE
PROFUND. : 0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS : (CL) / A-6 (7)	COTA

DATOS DE LA MUESTRA	CUADRO DE RESULTADOS	
CLASIF. SUCS : CL	TEMPERATURA DE ENSAYO	20 °
CLASIF. AASTHO : A-6 (7)	FACTOR "K"	1.0000
DESCRIP. SUCS : Arcilla Arenosa de baja plasticidad	GS (Promedio)	2.73 g/cm3

PICNÓMETRO N°		C-500			OBSERVACIONES
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	[cm3]	250	250	250	LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE Y ETIQUETADAS POR EL MISMO.
PESO PICNÓMETRO , gr.	[g]	114.65	114.65	114.65	
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	[g]	189.65	189.65	189.65	
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	[g]	75.00	75.00	75.00	
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	[g]	736.32	736.25	736.30	
PESO PICN. + AGUA a C.T.(20°C) , gr. (W2)	[g]	689.93	689.93	689.93	
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	[g]	688.69	688.69	688.69	
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	[°C]	26	26.5	21	
GS A TEMPERATURA ENSAYO	[°T]	2.74	2.733	2.738	
GS A 20 ° C	[°C]	2.736	2.729	2.734	
PROMEDIO GS A 20 ° C	[g/cm3]	2.73			

DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS					
TEMP ° C	γw	K	TEMP. ° C	γw	K
19	0.9984347	1.0002	25	0.9970770	0.9989
20	0.9982343	1.0000	26	0.9968156	0.9986
21	0.9980233	0.9998	27	0.9965451	0.9983
22	0.9978019	0.9996	28	0.9962652	0.998
23	0.9975702	0.9993	29	0.9959761	0.9977
24	0.9973286	0.9991	30	0.9956780	0.9974



BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CUI: 474388)

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CIP: 200176)



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m /m³)) (ASTM D1557-12a1)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRETURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	: T_UCV_1-09/21-004-G&C
		Fecha	: 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DISTRICCIÓN	: SUELO F&F 4 / 7% MO 60	SOLICITANTE	: SACI, I.C. FRANC ELVIS RODRIGUEZ AZOQUE
EXPERIMENTO	: EXP. - 02	TAMAÑO MÁXIMO	: 1/2 in.
MUESTRA	: M - 01	CLASIF. SUELOS	: (CL) / A-6 (7)
PROFUND.	: 0.20 - 1.60 m.	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA : 114.9 m.

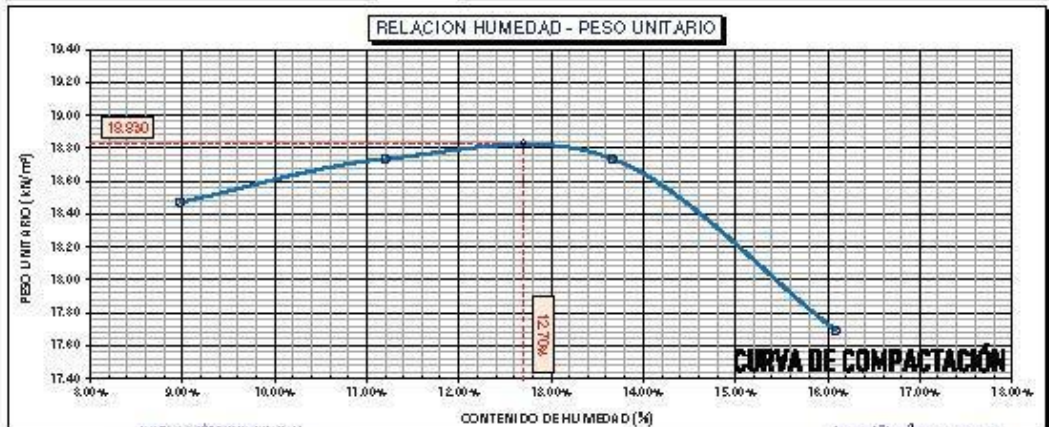
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	% Ret. Tamiz 3/4"	: METODO DE ENSAYO Método 'A'
CLASIFICACIÓN (ASHO)	: A-6 (7)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 0.82 % No DE CAPAS 05
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla arenosa de baja plasticidad	% Ret. Tamiz N°4	: 3.80 % GOLPES POR CAPA 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	: 933 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,617 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	q.	5533	5600	5600	5572
Masa del Molde	q.	3617	3617	3617	3617
Masa del Suelo Humedo	q/c m ³	1916	1983	2027	1955
Densidad del Suelo Humedo	q/c m ³	2.053	2.120	2.172	2.090

Capsula No	No	TP-09	TP-10	TP-11	TP-12
Masa de la Capsula	q.	48.46	47.40	46.67	49.30
Suelo Humedo + Capsula	q.	299.57	283.51	288.20	278.71
Masa del Suelo Seco + Capsula	q.	278.88	259.72	259.16	246.92
Masa del Agua	q.	20.69	23.79	29.04	31.79
Masa del Suelo Seco	q.	230.42	212.32	212.49	197.58
Humedad (%)	%	8.98%	11.20%	13.67%	16.09%
Promedio de Humedad (%)	%	8.98%	11.20%	13.67%	16.09%
Densidad del Suelo Seco	q/c m ³	1.883	1.910	1.910	1.804
Peso Unitario Seco	KN/m ³	18.47	18.73	18.74	17.69

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12a1	PESO UNITARIO SECO	1.920 gr/cc	18.830 KN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	12.70 %	12.70 %



OBSERVACIONES: Las muestras fueron hechas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

[Signatures and stamps of G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.]



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

GENERAL CONTRACTORS AND GENERAL ENGINEERS

AGENCIAS DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYOS DE MATERIALES



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1583 - 03)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO RECICLADO PARA USO EN LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	T_001_F-001-001-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DESCRIPCIÓN	SUELO FANTOM 1 7% VIDRIO	SOLICITANTE	BACH. I.C. HUAN LUIS RODRIGUEZ ASQUIL
EXP. DEB. ENERO	EXP. - 01	COORDENADAS	
MUESTRA	U - 01	TAMAÑO NÚMERO	12 IN.
PROPUNDA	0.20 - 1.00 M.	CLASIF. SUELOS	(CL) / A-6 (P)
		ESTE	
		NORTE	
		COTA	19.427

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	CL	METODO DE ENMO	Método "A"
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-6 (P)	TIEMPO DE ENMO	4 Días (76 hrs)
DESCRIPCIÓN (SUCS)	Arcilla arcillosa de baja plasticidad	PESO UNITARIO SECO	1840 kg/m ³
		TIPO DE MARCHILLO	Manual
		HUMEDAD ÓPTIMA	12.70 %
		NET. DE PREPARACIÓN	Normal

NOLDE No	COO.	A-5	A-15	A-12
NÚMERO DE CAPAS	n°	3	3	3
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	12
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1
CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR	SIN SUPERIOR
		SUPERIOR	SUPERIOR	SUPERIOR

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO							
Masa Suelo Humedo + Nolde	g.	12811	12879	12831	12193	10390	11030
Masa del Nolde	g.	3227	3227	7601	7601	6763	6763
Masa del Suelo Humedo	g.	4384	4652	4370	4344	4123	4267
Volumen del Suelo	cm ³	2113	2113	2134	2134	2119	2119
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.064	2.199	2.037	2.029	1.947	2.009
Capas No	no	PC - 35	PC - 14	PC - 15	PC - 16	PC - 17	PC - 35
Masa de la Capas	g.	3373	3619	3403	3374	3173	3263
Suelo Humedo + Capas	g.	3958	3924	3779	4708	3723	3906
Masa del Suelo Seco + Capas	g.	39527	39244	43860	41633	40376	49427
Masa del Agua	g.	3341	6200	3131	3373	3147	7422
Masa del Suelo Seco	g.	40032	43410	49463	38039	49393	41162
% de Humedad	%	12.70%	14.28%	12.60%	16.29%	12.74%	18.03%
Promedio de Humedad	%	12.70%	14.28%	12.60%	16.29%	12.74%	18.03%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.920	1.922	1.828	1.825	1.727	1.735
Peso Unitario Seco	lbm/ft ³	118.835	118.845	114.904	114.922	108.935	108.942

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	742.10	0.00	0.00	246.30	0.00	0.00	663.10	0.00	0.00
		24:00:00	337.00	1.14	0.50	200.30	1.30	1.42	727.30	1.31	1.19
		48:00:00	346.00	1.46	1.14	223.00	1.37	1.47	743.30	1.92	1.31
		72:00:00	363.00	1.30	1.42	223.30	1.54	1.32	747.00	2.00	1.33
		96:00:00	366.20	1.33	1.43	226.10	1.93	1.33	748.00	2.03	1.62

PENETRACIÓN														
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Standard Kg-Fuerza / Nps	NOLDE No A-5			NOLDE No A-15			NOLDE No A-12				
mm	Pulg.			LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²
0.00	0	00:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	0.00	0.00	
0.05	0.025	00:30		63.2	3.32	0.25	39.6	3.08	0.39	41.0	2.12	0.21		
1.37	0.055	01:00		120.3	6.22	0.61	190.0	5.17	0.31	68.0	3.31	0.34		
1.90	0.075	01:30		199.6	9.93	0.31	132.0	6.32	0.67	39.0	4.33	0.43		
2.54	0.100	02:00	70.51 / 6.9	194.3	10.04	0.30	14.49	161.6	8.25	0.32	11.59	103.0	3.22	0.32
5.17	0.125	02:30		224.3	11.62	1.14	189.2	9.78	0.36	120.6	6.23	0.61		
5.51	0.150	03:00		247.3	12.21	1.26	214.4	11.08	1.09	134.4	6.93	0.63		
5.95	0.200	04:00	305.48 / 10.55	236.0	14.78	1.46	34.03	239.0	12.49	1.31	12.68	171.0	3.24	0.37
6.55	0.250	05:00		314.6	16.26	1.59	390.0	13.30	1.32	202.2	10.48	1.03		
7.62	0.300	06:00		341.0	17.62	1.73	333.3	17.23	1.69	233.0	12.04	1.13		
8.20	0.350	07:00		369.6	19.10	1.87	366.0	18.91	1.83	260.2	13.48	1.32		
10.16	0.400	08:00		390.3	20.13	1.93	392.0	20.26	1.99	283.0	14.91	1.46		
11.45	0.450	09:00		414.0	21.49	2.10	420.0	21.71	2.13	313.4	16.20	1.59		
12.70	0.500	10:00		440.0	22.74	2.23	439.4	22.71	2.23	339.4	17.23	1.74		

OBSERVACIONES: Los resultados fueron pasados en el laboratorio por el software o alquibada por el mismo. El CBR da CBR con indicador de factura digital o transductor de marca "GOLD TRO" S. Certificado N° NT-LF-140-3030/R2300; Certificado N° NT-LF-036-3030/06001002





ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

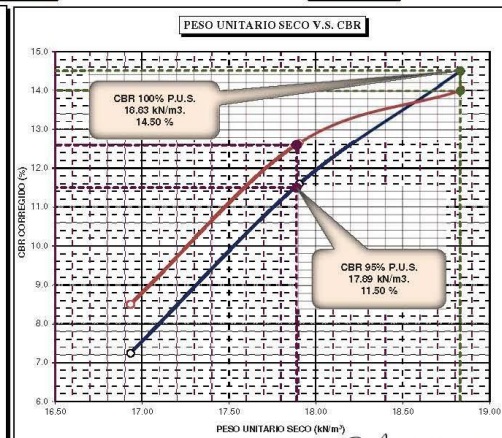
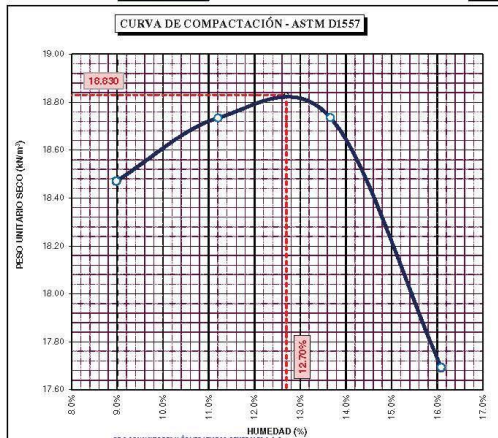
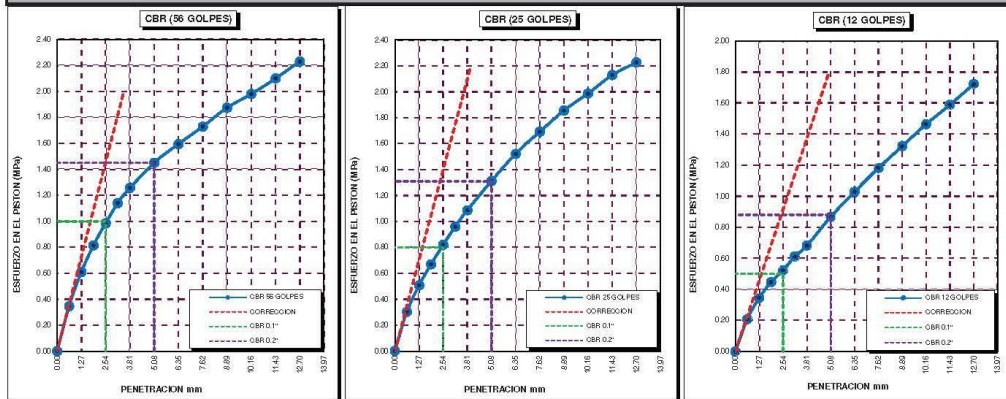
PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-004-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
DOSIFICACIÓN	SUELO PATRON + 7% VIDRIO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 02	COORDENADAS
MUESTRA	M - 01	ESTE :
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.	NORTE :
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA :
	CLASIF. SUELOS : (CL) / A-6 (7)	m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	CL	NORMA	ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-6 (7)	METODO DE ENSAYO	Método "A"
DESCRIPCIÓN (SUCS)	arcilla arenosa de baja plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN	4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	18.83 kN/m ³
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	17.89 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	12.70 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	14.50 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	14.00 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	1.50 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	12.60 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

Certificado N° MT-LF-240-2020/R3283; Certificado N° MT-LF-026-2020/G&C01003

Bach. LIC. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
CIP: 289174



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

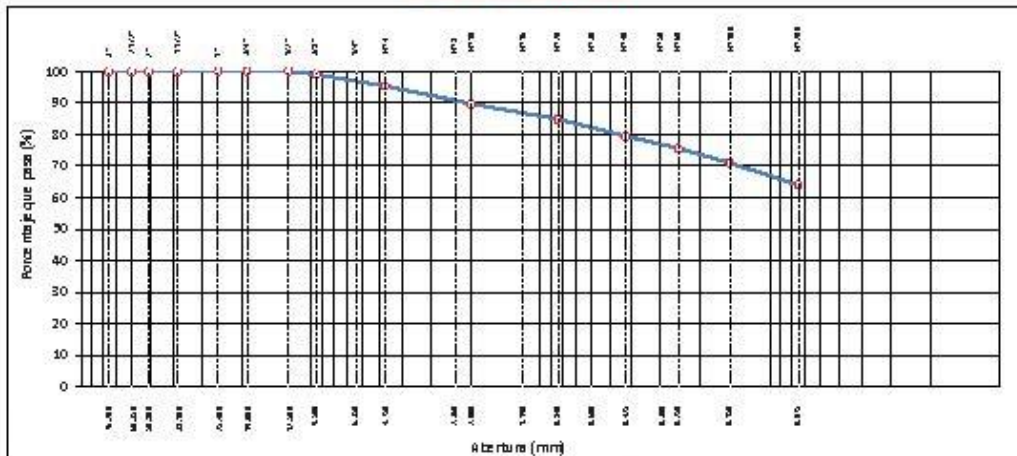
STANDARD TEST METHOD FOR PARTICLE-SIZE ANALYSIS OF SOILS (ASTM D 422 - 63 (2007) e2)

PROYECTO :	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° :	1_UCV_199/21-003-G&C
		Fecha :	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN :	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DOSIFICACIÓN :	SUDO PAVEN + 10% VIDRO	SOLICITANTE :	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO :	EXP. - 03	TAMANO MÁXIMO :	1/2 in.
MUESTRA :	M - 01	CLASIF. SUELOS :	(CL) / A-6 (S)
PROFUND. :	0.20 - 1.60 m.	COORDENADAS	ESTE : NORTE : COTA :

TAMIZ	AMBITO T.M. (mm)	PESO RETENIDO	PORCENTAJE RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	PORCENTAJE QUE PASA	SEPARACION	ENSAYO ESTÁNDAR DE CLASIFICACIÓN (D ₁₀ - D ₃₀ - D ₆₀ - D ₈₅ - D ₁₀₀)
10 in.	254.000						Peso Inicial seco : 909.24 gr.
8 in.	192.400						Peso Global : 909.24 gr.
5 in.	127.000						CARACTERÍSTICAS RECAS DEL SUELO
4 in.	101.600						Contenido de Humedad (%): -
3 in.	76.200						TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.
2 1/2 in.	60.350						Limite Líquido (LL): 34
2 in.	50.800						Limite Plástico (LP): 23
1 1/2 in.	38.100						Índice Plástico (IP): 11
1 in.	25.400						Clasificación (SUCS): CL
3/4 in.	19.000						Clasificación (AASHTO): A-6 (S)
1/2 in.	12.500				100.00		Índice de Consistencia : 2.09
3/8 in.	9.500	8.82	0.95	0.95	99.05		DESCRIPCIÓN DEL SUELO
1/4 in.	6.350						Descripción (AASHTO): MALO
Nº 4	4.750	38.82	3.64	4.59	95.41		Descripción (SUCS): Arcilla arenosa de baja plasticidad
Nº 8	2.360						Materia Orgánica : --
Nº 10	2.000	52.66	5.67	10.27	89.73		Turba : --
Nº 16	1.190						CU : 0.000 CC : 0.000
Nº 20	0.840	45.18	4.87	15.13	84.87		CARACTERÍSTICAS GRANULOMÉTRICAS
Nº 30	0.600						Grava > 2" : 0.00
Nº 40	0.425	49.85	5.37	20.50	79.50		Grava 2" - Nº 4 : 4.59
Nº 50	0.300						Arena Nº 4 - Nº 200 : 31.36
Nº 60	0.250	36.18	3.90	24.40	75.60		Fines < Nº 200 : 64.05
Nº 100	0.150	42.48	4.58	28.98	71.02		%#2" : 0.0%
Nº 200	0.075	64.70	6.97	35.95	64.05		
< Nº 200	FONDO	594.55	64.05	100.00			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: Las muestras fueron analizadas en el laboratorio con clasificación y propiedades según el manual.

Frank Elvis Rodríguez Asqui
 BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 N.º 12112

Frank Elvis Rodríguez Asqui
 BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 INGENIERO EN GEOTECNIA
 N.º 12112



LIMITES DE CONSISTENCIA - PASA MALLA N° 40

STANDARD TEST METHODS FOR LIQUID LIMIT, PLASTIC LIMIT, AND PLASTICITY INDEX OF SOILS (ASTM D 4318 - 17 e1)

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	1_001_199/21-003-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DOSIFICACIÓN	SUELO PATROH + 10% VIDRIO	SOLICITANTE	BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 03	TAMANO MÁXIMO	1/2 in.
MUESTRA	M - 01	CLASIF. SUELOS	(CL) / A-6 (S)
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.		

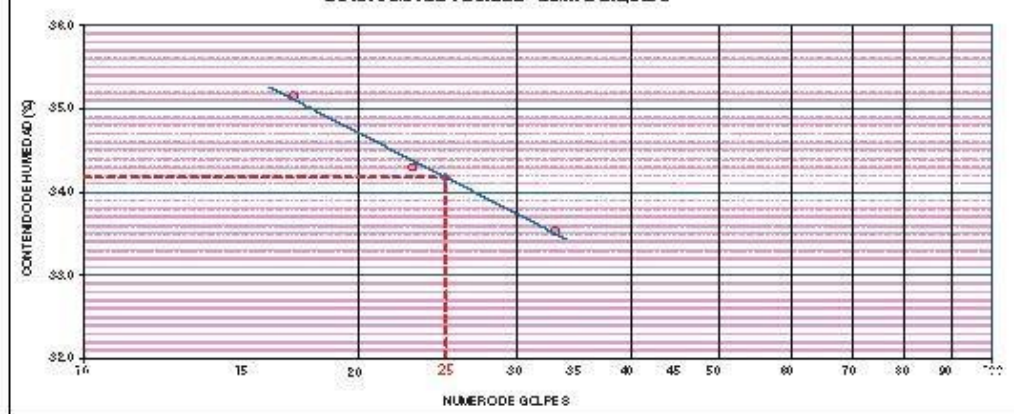
LIMITE LIQUIDO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Niv. DE TARA	n°	LC - 16	LC - 17	LC - 18
PESO DE LA TARA	(g)	46.18	46.11	45.5
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	62.75	64.63	65.01
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	58.44	59.90	60.11
PESO DE AGUA	(g)	4.31	4.73	4.9
PESO DEL SUELO SECO	(g)	12.26	13.79	14.61
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	35.15	34.30	33.54
NUMERO DE GOLPES	n°	17	23	33

LIMITE PLASTICO (ASTM D 4318 - 17 e1)

Niv. DE TARA		LC - 19	LC - 20
PESO DE LA TARA	(g)	45.66	45.47
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(g)	48.64	48.90
PESO TARA + SUELO SECO	(g)	48.09	48.18
PESO DE AGUA	(g)	0.55	0.62
PESO DEL SUELO SECO	(g)	2.43	2.71
CONTENIDO DE DE HUMEDAD	(%)	22.63	22.88

DIAGRAMA DE FLUIDEZ - LIMITE LIQUIDO



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO	34
LIMITE PLASTICO	20
INDICE DE PLASTICIDAD	11

OBSERVACIONES

Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

[Signature]
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 CALLE 1001, AV. INDUSTRIAL, PUNO - PERU
 01102

[Signature]
 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
 CALLE 1001, AV. INDUSTRIAL, PUNO - PERU
 01102



GRAVEDAD ESPECÍFICA DE LOS SUELOS

STANDARD TEST METHODS FOR SPECIFIC GRAVITY OF SOIL SOLIDS BY WATER PYCNOMETER (ASTM D 854-14)

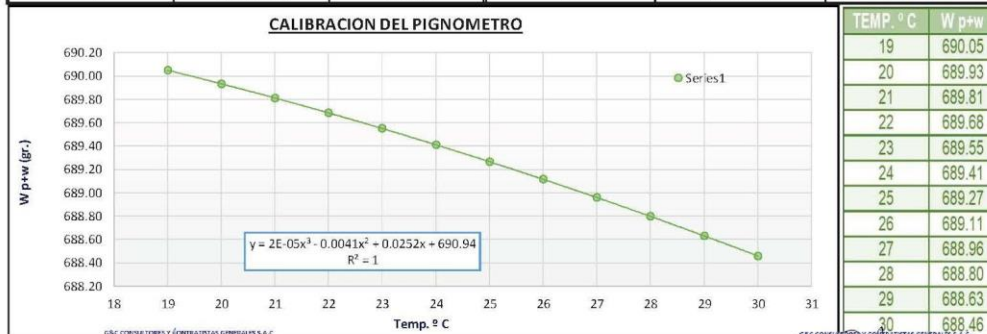
TESIS	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21-005-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN : PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
PROCEDENCIA : SUELO PATRON + 10% VIDRIO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI	COORDENADAS
EXPERIMENTO : EXP. - 03		ESTE
MUESTRA : M - 01	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	NORTE
PROFUND. : 0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS : (CL) / A-6 (5)	COTA

DATOS DE LA MUESTRA	CUADRO DE RESULTADOS	
CLASIF. SUCS : CL	TEMPERATURA DE ENSAYO	20 °
CLASIF. AASTHO : A-6 (5)	FACTOR "K"	1.0000
DESCRIP. SUCS : Arcilla Arenosa de baja plasticidad	GS (Promedio)	2.69 g/cm3

PICNÓMETRO N°	C-500	C-500	C-500	OBSERVACIONES	
CAPACIDAD PICNÓMETRO CM3	[cm3]	250	250	250	LAS MUESTRAS FUERON PUESTAS EN EL LABORATORIO POR EL SOLICITANTE Y ETIQUETADAS POR EL MISMO.
PESO PICNÓMETRO , gr.	[g]	114.65	114.65	114.65	
PESO PICNÓMETRO + SUELO SECO , gr.	[g]	189.65	189.65	189.65	
PESO SUELO SECO , gr. (Ws)	[g]	75.00	75.00	75.00	
PESO PICN. + AGUA + SUELO , gr. (W1)	[g]	735.99	735.86	735.79	
PESO PICN. + AGUA a C.T.(20°C) , gr. (W2)	[g]	689.93	689.93	689.93	
PESO PICN. + AGUA A TEMP. ENSAYO.	[g]	688.69	688.69	688.69	
TEMPERATURA DE ENSAYO, ° C	[°C]	26	26.5	21	
GS A TEMPERATURA ENSAYO	[°T]	2.707	2.695	2.688	
GS A 20 ° C	[°C]	2.703	2.691	2.684	
PROMEDIO GS A 20 ° C	[g/cm3]	2.69			

DENSIDAD RELATIVA DEL AGUA Y FACTOR DE CONVERSIÓN "K" PARA VARIAS TEMPERATURAS					
TEMP ° C	γw	K	TEMP. ° C	γw	K
19	0.9984347	1.0002	25	0.9970770	0.9989
20	0.9982343	1.0000	26	0.9968156	0.9986
21	0.9980233	0.9998	27	0.9965451	0.9983
22	0.9978019	0.9996	28	0.9962652	0.998
23	0.9975702	0.9993	29	0.9959761	0.9977
24	0.9973286	0.9991	30	0.9956780	0.9974



BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
 TÉCNICO ESPECIALISTA DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CIP: 414.0401)

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
 JEFE DE LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
 (CIP: 200.076)



RELACION HUMEDAD - DENSIDAD PROCTOR

STANDARD TEST METHODS FOR LABORATORY COMPACTION CHARACTERISTICS OF SOIL USING MODIFIED EFFORT (56,000 ft-lbf/ft³ (2 700 kN-m /m³)) (ASTM D1557-12a 1

PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2D21	Registro N°	: T_UCV_09/21-003-G&C
		Fecha	: 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES

UBICACIÓN	: PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DISTRICCIÓN	: SUELO PATRON - 10% VIDRIO	SOLICITANTE	: BACH. J.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	: EXP. - 03		
MUESTRA	: M - 01	TAMANO MÁXIMO	: 1/2 in.
COORDENADAS		ESTE	:
PROFUND.	: 0.20 - 1.60 m.	CLASIF. SUELOS	: (CL) / A-6 (S)
		NORTE	:
		COTA	: m.s.n.m.

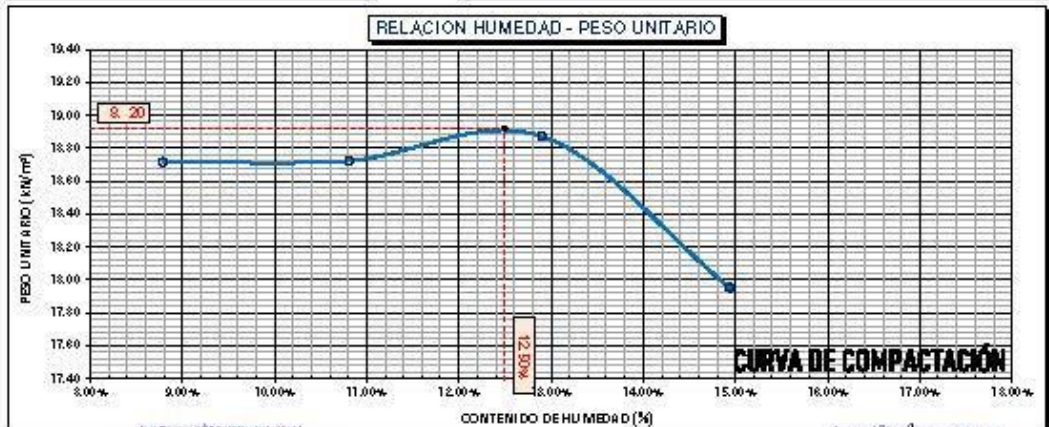
DATOS DE LA MUESTRA		DATOS DEL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	: CL	% Ret. Tamiz 3/4"	: METODO DE ENSAYO Método 'A'
CLASIFICACIÓN (ASH TO)	: A-6 (S)	% Ret. Tamiz 3/8"	: 0.95 % No DE CAPAS 05
DESCRIPCIÓN (SUCS)	: Arcilla arenosa de baja plasticidad	% Ret. Tamiz N°4	: 0.59 % GOLPES POR CAPA 56

EQUIPO EMPLEADO			
MOLDE No	: X - 01	VOLUMEN DEL MOLDE	: 933 cm ³
MASA DEL MOLDE	: 3,617 g.	TIPO DE MARTILLO	: Manual

REGISTROS Y CALCULOS DEL ENSAYO					
Masa Suelo Humedo + Molde	g.	5555	5592	5645	5581
Masa del Molde	g.	3617	3617	3617	3617
Masa del Suelo Humedo	g/cm ³	1938	1975	2028	1964
Densidad del Suelo Humedo	g/cm ³	2.076	2.116	2.173	2.104

Capsula No	No	TP-13	TP-14	TP-15	TP-16
Masa de la Capsula	g.	57.60	46.87	43.18	58.46
Suelo Humedo + Capsula	g.	292.12	265.22	295.04	291.72
Masa del Suelo Seco + Capsula	g.	273.17	243.91	266.26	261.40
Masa del Agua	g.	18.95	21.31	28.78	30.32
Masa del Suelo Seco	g.	215.57	197.04	223.08	202.94
Humedad (%)	%	8.79%	10.82%	12.90%	14.94%
Promedio de Humedad (%)	%	8.79%	10.82%	12.90%	14.94%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.908	1.909	1.924	1.831
Peso Unitario Seco	kN/m ³	18.72	18.72	18.87	17.95

PROCTOR MODIFICADO	: ASTM D-1557-12a1	PESO UNITARIO SECO	: 1.929 gr/cc	: 18.920 kN/m ³
MET. DE PREPARACIÓN	: Húmedo	HUMEDAD OPTIMA	: 12.50 %	: 12.50 %



OBSERVACIONES: Las muestras fueron obtenidas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.

[Signatures]



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1557 - 03)

PROYECTO	INFORMACIÓN DE VISIÓN Y ENTENDIDO PARA EL DISEÑO DE LAS PROPIEDADES FÍSICO MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N°	T_001_F-001-005-G&C
		Fecha	01 de Septiembre del 2021

DATOS GENERALES			
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO		
DESIGNACIÓN	SUELO F&R 04 - 10% VIEJO	SOLICITANTE	EACH, I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUIL
EXP. EN ENTEND.	EXP. - 01	ESTE	
MUESTRA	M - 01	NORTE	
PROPUNDA	0.20 - 1.00 m.	CLASIF. SUELOS	(CL) / (A-6) (5)
		COTA	19.427 m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUELO)	CL	METODO DE ENSAYO	MM-60* TIEMPO DE INMERSIÓN : 4 Días (24 hrs)
CLASIFICACIÓN (AGUJERO)	A-6 (5)	PESO UNITARIO SECO	18.92 Kgr/m ³ TIPO DE MARCHILLO : Manual
DESCRIPCIÓN (SUELO)	Arcilla arcillosa de baja plasticidad	HUMEDAD ÓPTIMA	12.50 % NET. DE PREPARACIÓN : Húmedo

NOLDE No	COO.	N-5	N-6	N-7
NÚMERO DE CAPAS	n°	3	3	3
NÚMERO DE GOLPES POR CAPA	n°	56	25	22
N° SOBRECARGA CIRCULAR	n°	1	1	1
N° SOBRECARGA ANULAR	n°	1	1	1

CONDICIONES DE LA MUESTRA	CBR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR	SIN SUPERIOR	SUPERIOR
---------------------------	-----	--------------	----------	--------------	----------	--------------	----------

REGISTROS Y CÁLCULOS DEL ENSAYO							
Haca Suelo Húmedo + Nolde	g.	1.032	1.293	1.197	1.212	1.193	1.132
Haca del Nolde	g.	3.273	3.273	7.927	7.927	7.921	7.921
Haca del Suelo Húmedo	g.	499	493	433	433	417	417
Volumen del Suelo	cm ³	211.3	211.3	211.0	211.0	212.0	212.0
Densidad del Suelo Húmedo	g/cm ³	2.121	2.217	2.073	2.146	1.986	2.042
Capas No	no	PC - 30	PC - 30	PC - 21	PC - 22	PC - 25	PC - 24
Haca de la Capas	g.	34.70	35.39	35.04	35.04	34.33	35.67
Suelo Húmedo + Capas	g.	494.36	491.63	467.08	467.08	452.99	452.99
Haca del Suelo Seco + Capas	g.	446.02	444.41	423.09	423.09	409.32	409.32
Haca del Agua	g.	43.34	47.22	42.99	44.12	46.67	79.38
Haca del Suelo Seco	g.	394.32	348.22	342.06	338.27	372.67	440.23
% de Humedad	%	12.30%	14.30%	12.54%	16.46%	12.52%	18.04%
Promedio de Humedad	%	12.50%	14.30%	12.56%	16.46%	12.52%	18.02%
Densidad del Suelo Seco	g/cm ³	1.929	1.929	1.544	1.544	1.747	1.747
Peso Unitario Seco	lbm/ft ³	119.014	119.013	95.051	95.066	107.329	107.331

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0:00:00	479.30	0.00	0.00	349.00	0.00	0.00	693.10	0.00	0.00
		24:00:00	394.00	0.62	0.49	332.00	0.39	0.70	749.00	1.28	1.01
		48:00:00	311.00	0.30	0.63	293.00	1.22	0.96	754.50	1.42	1.12
		72:00:00	317.00	0.97	0.77	304.50	1.44	1.13	761.00	1.79	1.23
		96:00:00	324.00	1.13	0.89	304.00	1.43	1.14	769.00	1.79	1.41

PENETRACIÓN																						
PENETRACIÓN		Tiempo	Carga Estándar Kg-Fuerza / Nps	NOLDE No			N-5			NOLDE No			N-4			NOLDE No			N-7			
mm	Pulg.			LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. (%)	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. (%)	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. (%)	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps	CBR Corr. (%)	LECTURA "kg"	σ Kg/cm ²	σ Nps
0.00	0	03:00		0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.05	0.025	03:30		61.2	3.16	0.31	37.4	1.93	0.19	28.3	1.46	0.14	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.37	0.050	04:00		103.3	5.47	0.54	64.3	3.33	0.33	48.0	2.43	0.24	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
1.90	0.075	04:30		131.2	7.21	0.72	94.2	4.87	0.48	65.9	3.40	0.34	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2.54	0.100	05:00		190.1	10.24	1.02	144.0	7.20	0.72	120.3	6.24	0.61	0.70	31.7	4.22	0.41	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.17	0.125	05:30		239.7	12.39	1.21	146.4	7.31	0.74	146.4	7.31	0.74	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3.81	0.150	06:00		273.4	14.23	1.42	167.1	8.64	0.83	162.6	8.03	0.72	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5.05	0.200	06:00		344.7	17.26	1.74	203.1	10.60	1.04	193.5	9.65	0.93	1.03	41.0	6.10	0.60	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6.55	0.250	06:00		402.7	20.21	2.04	238.2	12.31	1.21	228.2	11.31	1.11	1.00	37.9	6.76	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7.62	0.300	06:00		433.1	21.42	2.14	263.3	13.34	1.33	242.0	12.10	1.20	1.00	37.9	6.76	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8.26	0.350	07:00		509.2	25.23	2.54	293.6	15.17	1.48	273.6	13.67	1.36	1.00	37.9	6.76	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10.16	0.400	08:00		544.6	27.14	2.76	317.3	16.46	1.61	297.3	14.86	1.46	1.00	37.9	6.76	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
11.45	0.450	08:00		583.9	29.20	2.92	337.1	17.42	1.71	317.1	15.82	1.56	1.00	37.9	6.76	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12.70	0.500	08:00		627.3	31.43	3.14	357.9	18.30	1.81	337.9	16.80	1.66	1.00	37.9	6.76	0.66	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OBSERVACIONES: Las pruebas fueron pasadas en el laboratorio por el solicitante y el fabricante por el mismo. El Panel de CBR con indicador de lectura digital o transductor de fuerza "G&C" TIPO SP. Certificado N° NT-UF-140-3030/R2300; Certificado N° NT-UF-036-3030/G&C 1002



ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

STANDARD TEST METHOD FOR CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) OF LABORATORY - COMPACTED SOILS (ASTM D 1883 - 16)

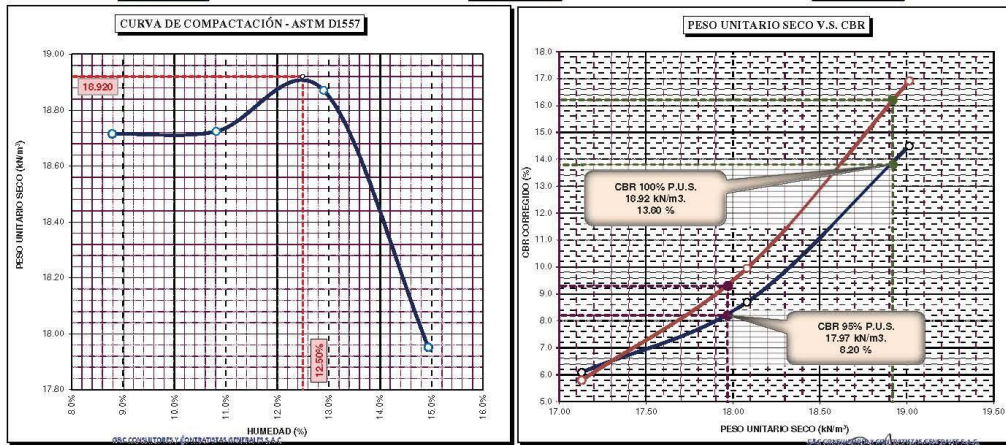
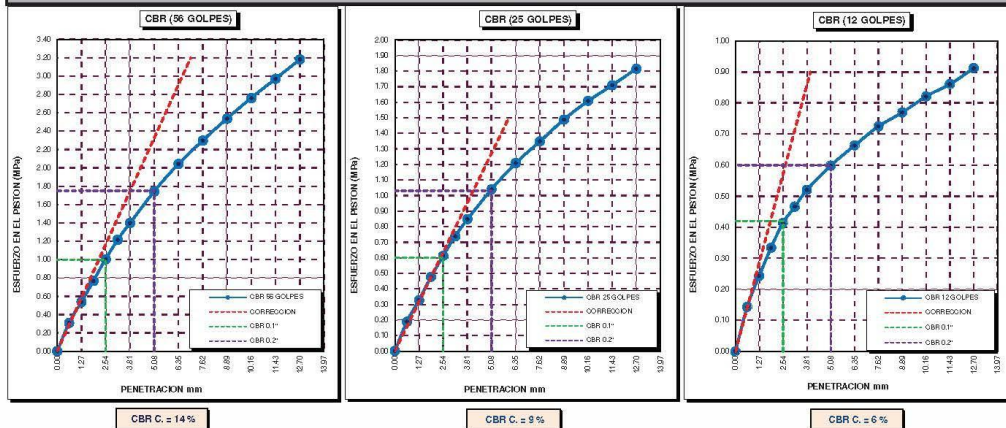
PROYECTO	INCORPORACIÓN DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FÍSICO - MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	Registro N° : T_UCV_F-09/21+005-G&C
		Fecha : 01 de Setiembre del 2021

DATOS GENERALES		
UBICACIÓN	PROVINCIA DE PUNO - DEPARTAMENTO DE PUNO	
DOSIFICACIÓN	SUELO PATRON + 10% VIDRIO	SOLICITANTE : BACH. I.C. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
EXPERIMENTO	EXP. - 03	COORDENADAS
MUESTRA	M - 01	ESTE :
PROFUND.	0.20 - 1.60 m.	NORTE :
	TAMANO MÁXIMO : 1/2 in.	COTA :
	CLASIF. SUELOS : (CL) / A-6 (5)	m.s.n.m.

DATOS DE LA MUESTRA		DATOS PARA EL ENSAYO	
CLASIFICACIÓN (SUCS)	CL	NORMA	ASTM D-1557-12e1
CLASIFICACIÓN (AASHTO)	A-6 (5)	METODO DE ENSAYO	Método "A"
DESCRIPCIÓN (SUCS)	arcilla arenosa de baja plasticidad	TIEMPO DE INMERSIÓN	4 Días (96 Horas)
		PESO UNITARIO SECO	18.92 kN/m ³
		PESO UNITARIO SECO AL 95%	17.97 kN/m ³
		HUMEDAD ÓPTIMA	12.50 %

CBR (100% DE M.D.S.) 0.1"	%	13.80 %	CBR (100% DE M.D.S.) 0.2"	%	16.20 %
CBR (95% DE M.D.S.) 0.1"	%	8.20 %	CBR (95% DE M.D.S.) 0.2"	%	9.30 %

GRAFICOS



OBSERVACIONES Las muestras fueron puestas en el laboratorio por el solicitante y etiquetadas por el mismo.
Certificado N° MT-LF-240-2020/R3283; Certificado N° MT-LF-026-2020/G&C01003

BACH. LIC. FRANK ELVIS RODRIGUEZ ASQUI
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CALLE 47 N° 282

ING. ALEX LUIS GÓMEZ CALLA
LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN Y ENSAYO DE MATERIALES
CALLE 47 N° 282

Anexo 7: Certificado de calibración de los equipos.



G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.

G&C GEOTECHNIK MATERIAL TEST LABOR

LABORATORIO DE INVESTIGACIÓN & ENSAYO DE MATERIALES



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	49,73	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	50,13	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	5,05	mm
MALLA No. MESH No.	2"	
SERIE No. SERIAL No.	64466	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,58	µm
FECHA DATE	2018 - 07 - 11	
FIRMA SIGN		

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA

ASTM E 11 - 15
BUREAU VERIT
Certification
N° 075831 - 2018

AC-P-11-F-01 Rev4

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 37,67 mm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 37,97 mm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 4,67 mm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 1 1/2"
MESH No.

SERIE No. 61206
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 10,56 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2017 - 12 - 12
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-E-01 Rev4

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	24,92	mm
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	25,04	mm
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	3,61	mm
MALLA No. <small>MESH No.</small>	1"	
SERIE No. <small>SERIAL No.</small>	61316	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	± 10,56	µm
FECHA <small>DATE</small>	2017 - 12 - 19	
	FIRMA <small>SIGN</small>	

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2017

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	19,08	mm
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	19,28	mm
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	3,06	mm
MALLA No. <small>MESH No.</small>	34*	
SERIE No. <small>SERIAL No.</small>	67349	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	± 10,55	µm
FECHA <small>DATE</small>	2019-01-22	FIRMA <small>SIGN</small>

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454655
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA

ASTM E 11 - 2017
BUREAU VERITAS
 Certification
No. 0218.05402

AC-P-11-F-01 Rev8

Bureau Veritas Certification se encuentra acreditado por ONAC

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
 IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	9,56	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	9,73	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,25	mm
MALLA No. MESH No.	3/8"	
SERIE No. SERIAL No.	65580	

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
 UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

± 10,55 μm

FECHA
 DATE

2018-09-22

FIRMA
 SIGN

Calisto

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	4,72	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	4,80	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	1,75	mm
MALLA No. MESH No.	4	
SERIE No. SERIAL No.	65178	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm
FECHA DATE	2018-08-21	

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA

ASTM E 11 - 15
BUREAU VERITAS
Certification



N° CP-9033 - 2016

**TAMIZ PARA ENSAYO
TEST SIEVE**

TAMIZ  STANDARD

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	2339,25	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	2390,00	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	923,50	µm
MALLA No. MESH No.	8	
SERIE No. SERIAL No.	65294	

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 20,30	µm
---	---------	----

FECHA DATE	2018-08-30
---------------	------------

FIRMA SIGN	
---------------	--

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	1980,69	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	2012,95	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	907,59	µm
MALLA No. MESH NO.	10	
SERIE No. SERIAL NO.	64517	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 16,74	µm
FECHA DATE	2018-07-13	

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA

IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 851,44 μm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 863,13 μm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 482,86 μm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 20
MESH No.

SERIE No. 65044
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN $\pm 10,52 \mu\text{m}$
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2013-08-13
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	602,50	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	620,44	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	400,24	µm
MALLA No. MESH No.	30	
SERIE No. SERIAL No.	63873	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 5,73	µm
FECHA DATE	2018-05-30	

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 418,11 μm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 432,18 μm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 247,30 μm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 40
MESH No.

SERIE No. 65033
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN $\pm 4,59 \mu\text{m}$
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2018-08-13
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2017

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	293,73	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	310,27	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	193,05	µm
MALLA No. MESH No.	50	
SERIE No. SERIAL No.	66947	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 4,06	µm
FECHA DATE	2018 - 12 - 14	

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA

ASTM E 11 - 17
BUREAU VERITAS
Certification

Nº CP5633 - 2018



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	252,30	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	259,50	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	153,33	µm
MALLA No. MESH No.	60	
SERIE No. SERIAL No.	65842	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 3,93	µm
FECHA DATE	2018-10-16	

FIRMA
SIGN

[Handwritten Signature]

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
 TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM
ASTM E 11:2017

ABERTURA PROMEDIO <small>AVERAGE APERTURE</small>	145,97 μm
ABERTURA MÁXIMA <small>MAXIMUM APERTURE</small>	154,11 μm
DIÁMETRO PROMEDIO <small>AVERAGE DIAMETER</small>	103,24 μm
MALLA No. <small>MESH No.</small>	100
SERIE No. <small>SERIAL No.</small>	67119
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN <small>UNCERTAINTY OF MEASUREMENT</small>	$\pm 2,52 \mu\text{m}$
FECHA <small>DATE</small>	2019-01-09

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72
www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA

ASTM E 11 - 2017
 BUREAU VERITAS
 Certification

No. C018.09420



**TAMIZ PARA ENSAYO
TEST SIEVE**

TAMIZ  STANDARD

Manufactured by **PINZUAR** LTDA

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11

ABERTURA PROMEDIO 75,47 μm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 77,55 μm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 52,88 μm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 200
MESH No.

SERIE No. 59265
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN $\pm 1,70 \mu\text{m}$
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2016-06-29
DATE

FIRMA 
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

PINZUAR LTDA
TELS: (571) 7454555
Calle 18 # 103 B 72

www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 026 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Longitud*


Página 1 de 3

1. Expediente	190075	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	Av. Simon Bolivar N° 2740, Puno - Puno - PUNO	
4. Instrumento de Medición	DIAL	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente. METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Alcance de indicación	0 mm a 25 mm	
División de Escala / Resolución	0,01 mm	
Marca	BAKER	
Modelo	JO8A	
Número de Serie	R3288	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Tipo de indicación	ANALÓGICO	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
5. Fecha de Calibración	2019-12-22	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión Jefe del Laboratorio de Metrología

2019-12-22

Sello


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Ms F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú.
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 633 342 / 971 439 282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 026 - 2019**Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

11. Resultados de MediciónALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
2,500	2,501	1
5,000	5,002	2
7,500	7,504	4
10,000	10,002	2
12,500	12,503	3
15,000	15,000	0
17,500	17,505	5
20,000	20,002	2
22,500	22,503	3
25,000	25,001	1

Alcance del error de indicación (f_e) : 5 μm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (μm)
17,500	17,502	2
	17,504	4
	17,502	2
	17,501	1
	17,501	1

Error de Repetibilidad (f_w) : 3 μm
Incertidumbre del error de indicación : $\pm 3 \mu\text{m}$ para ($k=2$)**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 - Urb. San Diego - Lima - Perú
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 997 846 766 / 942 635 342 / 971 439 282
RPC: 940037490email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
calidad@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LL - 026 - 2019**

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Longitud de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,2 °C	26,2 °C
Humedad Relativa	72,1 %	72,1 %

9. Patrones de Referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
Patrones del INDECOPI-SNM Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado K) LA 01 021	DM - INACAL LLA-C-091-2018
Patrones del INDECOPI-SNM Comparador mecánico de bloques		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 013 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 1 de 6

1. Expediente	190053
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.
3. Dirección	Av. Simón Bolívar N° 2740, Puno - Puno - PUNO
4. Equipo	HORNO
Alcance Máximo	De 0 °C a 150 °C
Marca	ALFA
Modelo	G-030/250
Número de Serie	NO INDICA
Procedencia	TURQUIA
Identificación	MT-191 (*)
Ubicación	NO INDICA

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

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

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

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	0 °C a 150 °C	0 °C a 150 °C
División de escala / Resolución	0,1 °C	0,1 °C
Tipo	DIGITAL	TERMÓMETRO ANALÓGICO

5. Fecha de Calibración 2019-12-19

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2019-12-19


JUAN C. QUISPE MORALES

Metrología & Técnicas S.A.C.
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ
Telf.: (511) 540-0642
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282
RPM: #971439272 / #942635342 / #971439282
RPC: 940037490

email: metrologia@metrologiatecnicas.com
ventas@metrologiatecnicas.com
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 013 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 2 de 6

6. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa de acuerdo al PC-018 "Procedimiento para la Calibración de Medios Isotérmicos con Aire como Medio Termostático", 2da edición, publicado por el SNM-INDECOPI, 2009.

7. Lugar de calibración

Las instalaciones de la empresa TÉCNICAS CP S.A.C.
Av. Santa Ana Mz H lote 2 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	24,7 °C	24,7 °C
Humedad Relativa	69 %	69 %



El tiempo de calentamiento y estabilización del equipo fue de 120 minutos.
El controlador se seteo en 110 °C

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado y/o Informe de calibración
Dirección de Metrología INACAL LT - 560 - 2017	TERMÓMETRO DE INDICACIÓN DIGITAL CON 12 CANALES	METROLOGIA & TECNICAS SAC MT - LT - 104 - 2018
Dirección de Metrología INACAL LT - 562 - 2017		

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de **CALIBRADO**.
- (*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al equipo.
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 013 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 3 de 6

11. Resultados de Medición

PARA LA TEMPERATURA DE 110 °C

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T _{prom} (°C)	max-T _m
		NIVEL SUPERIOR					NIVEL INFERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110,0	112,0	109,7	108,9	107,6	111,4	105,9	110,0	110,1	108,9	109,3	109,4	6,1
02	110,0	112,0	109,8	108,9	107,4	111,5	105,7	109,8	110,1	108,6	109,3	109,3	6,3
04	110,0	112,0	109,9	108,9	107,7	111,3	106,1	109,6	110,0	108,6	109,3	109,3	5,9
06	110,0	112,0	110,0	109,2	107,5	111,3	105,7	109,9	110,1	108,8	109,3	109,4	6,3
08	110,0	111,6	110,1	109,1	107,6	111,3	106,2	109,9	110,2	108,8	109,4	109,4	5,4
10	110,0	112,1	110,0	109,0	107,6	111,4	106,2	109,9	110,4	108,6	109,3	109,4	5,9
12	110,0	112,1	109,9	108,9	107,8	111,4	106,1	109,8	110,0	108,8	109,5	109,4	6,0
14	110,0	112,0	110,1	109,1	107,6	111,4	106,0	109,9	110,2	108,5	109,6	109,4	6,0
16	110,0	111,8	109,7	109,1	107,5	111,4	105,6	109,8	110,3	108,8	109,5	109,3	6,2
18	110,0	112,0	110,0	109,1	107,6	111,4	106,1	109,9	110,4	108,7	109,6	109,5	5,9
20	110,0	112,0	110,2	109,1	107,7	111,4	105,9	110,3	110,2	108,8	109,4	109,5	6,1
22	110,0	111,9	109,9	109,4	107,8	111,2	106,0	110,1	110,5	108,8	109,4	109,5	5,9
24	110,0	112,1	110,2	109,0	107,6	111,5	105,6	109,9	110,2	108,6	109,3	109,4	6,5
26	110,0	111,8	110,0	108,9	107,5	111,3	106,1	110,0	110,2	108,8	109,3	109,4	5,7
28	110,0	111,7	109,7	109,2	107,4	111,2	105,5	109,9	110,2	108,5	109,3	109,2	6,2
30	110,0	111,7	109,9	109,0	107,4	111,3	106,4	109,8	110,2	108,1	109,5	109,3	5,3
32	110,0	111,9	109,5	109,0	107,3	111,3	106,0	109,6	110,3	108,3	109,2	109,2	5,9
34	110,0	111,9	109,8	109,0	106,9	111,4	106,1	109,8	110,2	108,7	109,2	109,3	5,8
36	110,0	111,8	109,9	109,2	107,7	111,5	106,1	110,0	110,1	109,0	109,5	109,5	5,7
38	110,0	111,9	109,9	109,1	107,8	111,4	105,8	110,0	110,4	109,1	109,5	109,5	6,1
40	110,0	112,1	109,9	109,2	107,6	111,5	105,7	109,9	110,4	108,8	109,2	109,4	6,4
42	110,0	112,2	109,9	109,0	107,6	111,6	105,9	109,9	110,1	108,9	109,3	109,4	6,3
44	110,0	112,0	110,2	109,2	107,6	111,9	106,2	110,0	110,4	109,0	109,5	109,6	5,8
46	110,0	112,0	110,3	109,4	108,1	111,7	106,2	110,2	110,3	109,1	109,7	109,7	5,8
48	110,0	112,1	110,2	109,2	107,7	111,8	105,9	110,1	110,3	109,0	109,5	109,6	6,2
50	110,0	112,5	110,3	109,6	107,7	111,7	106,6	110,3	110,6	108,9	109,8	109,8	5,9
52	110,0	112,3	110,3	109,5	107,7	111,8	106,5	110,2	110,6	109,0	109,5	109,7	5,8
54	110,0	112,5	110,5	109,5	108,1	111,9	106,4	110,3	110,5	109,0	109,6	109,8	6,1
56	110,0	112,2	110,4	109,4	107,9	112,0	106,0	110,4	110,7	109,0	109,7	109,8	6,2
58	110,0	112,5	110,6	109,5	108,0	112,0	106,7	110,3	110,9	108,8	109,6	109,9	5,8
60	0,0												
T.PROM	110,0	112,0	110,1	109,1	107,6	111,5	106,0	110,0	110,3	108,7	109,4	109,5	
T.MAX	110,0	112,5	110,6	109,6	108,1	112,0	106,7	110,4	110,9	109,1	109,8		
T.MIN	0,0	111,6	109,5	108,9	106,9	111,2	105,5	109,6	110,0	108,1	109,2		
DTT	110,0	0,9	1,1	0,8	1,2	0,8	1,2	0,8	0,9	1,0	0,6		



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 013 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 4 de 6

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,5	0,5
Mínima Temperatura Medida	105,5	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	1,2	0,4
Desviación de Temperatura en el Espacio	6,0	0,4
Estabilidad Medida (±)	0,6	0,26
Uniformidad Medida	6,5	0,4

- T.PROM : Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.
T prom : Promedio de las temperaturas en la diez posiciones de medición para un instante dado.
T.MAX : Temperatura máxima.
T.MIN : Temperatura mínima.
DTT : Desviación de Temperatura en el Tiempo.

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

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

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

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 $\pm 1/2$ DTT.

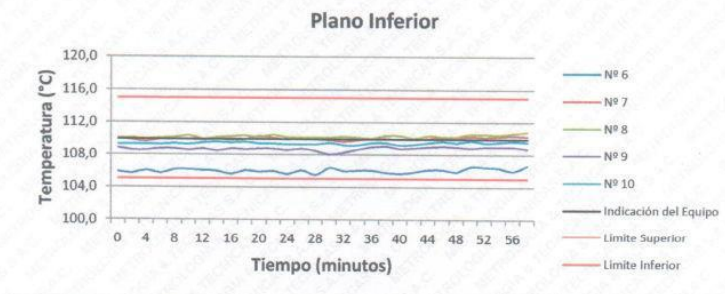


CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN MT - LT - 013 - 2019

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

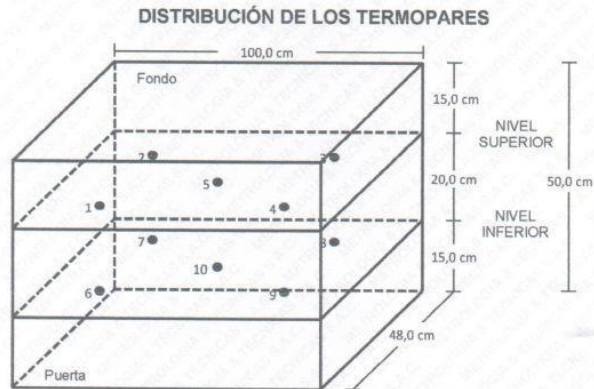
Página 5 de 6

DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURAS EN EL EQUIPO TEMPERATURA DE TRABAJO: $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LT - 013 - 2019***Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura*

Página 6 de 6



Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 se colocaron a 16 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y frente del equipo a calibrar.

12. Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del documento



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-808-2019

Solicitante : G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES SAC

Dirección : AV. SIMON BOLIVAR 2740 PUNO

Instrumento de Medición : COPA CASA GRANDE

Marca : PINZUAR

Modelo : PS-11

Serie : 1591

Identificación : NO INDICA

Procedencia : COLOMBIA

Contador : ANALOGO

División mínima : 1

Lugar de Calibración : Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.

Fecha de Calibración : 2019-29-13

Fecha de Emisión : 2019-29-13

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios.
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó por comparación directa usando un tacómetro y un Cronómetro Patrón certificados, empleando el método de comparación entre las indicaciones de lectura del equipo Casagrande a calibrar versus las revoluciones por minuto medidas con el tacómetro patrón en un tiempo determinado.
Tomando Como referencia la Norma ASTM D 4318 y el Manual de Ensayos de Materiales (EM2000)
Determinación de Limite Liquido de los Suelos MTC E 110 - 2000.

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
 - Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco
- Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST E.I.R.L. No se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento. El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

- (*) Código inscrito en una etiqueta adherida al instrumento.



Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrología



Metrotest

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CLM-808-2018
Página 2 de 3

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura	21,2 °C	21,0 °C
Humedad Relativa	51 %	52,0 %

PATRONES DE REFERENCIA:

Los resultados de la calibración realizada son trazables a la Unidad de Medida de los Patrones Nacionales de Masa del Servicio Nacional de Metrología SNM – INDECOPi en concordancia con el sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el sistema Legal de Unidades del Perú (SLUMP).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de METROTEST E.I.R.L.	Pie de rey Patrón	CLM-001-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Cronometro Patrón de 0,01 seg de resolución	LTF-C-111-2018
Patrones de referencia del DM-INACAL	Tacómetro Patrón de 0,1 RPM de resolución	LTF-C-108-2018

RESULTADOS

APARATO DE LIMITE LIQUIDO

Descripción	Metrico (mm)	Dimensiones			
		Tolerancia (mm)	Inglés (in)	Tolerancia (in)	
Conjunto de la cazuela	Radio de la copa A	54,472	54 ±0.5	2,14	0,020
	Espesor de la copa B	1,934	2 ±0.1	0,08	0,004
	Profundidad de la copa C	26,554	27 ±0.5	1,05	0,020
Base	Copa desde la guía del elevador hasta la base N	48,096	47 ±1	1,89	0,039
	Espesor K	50,72	50 ±2	2,00	0,08
	Largo L	150,36	150 ±2	5,92	0,08
	Ancho M	125,13	125 ±2	4,93	0,08

RANURADOR

Espesor a	10,00	0,1	0,39	0,004
Borde Cortante b	2,244	0,1	0,09	0,004
Ancho c	13,26	0,1	0,52	0,004



[Firma]
Luggi Astudillo G.
Jefe de Metrología



Metrotest

E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración CLM-808-2018

Página 3 de 3

CONTOMETRO

N° Cuentas del Patrón	N° Cuentas del instrumento	Error de N° de cuentas	Incertidumbre de N° cuentas
2	2	0	1
5	5	0	1
10	10	0	1
15	15	0	1
20	20	0	1
25	25	0	1
30	30	0	1

Incertidumbre

La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo con las Guías OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100: 2008) y OIML G1-104-en: 2009 (JCGM 104: 2009) "Guía para la expresión de la incertidumbre en las Mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante La Incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo.

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un actor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración





Metrotest

E.
I.
R.
L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-642-2019

Solicitante G&C CONSULTORES Y
Dirección CONTRATISTAS GENERALES SAC
AV. SIMON BOLIVAR N° 2740

Misión:
Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.

Equipo de Medición BALANZA NO AUTOMÁTICA

Marca OHAUS

Modelo SE602F

Serie B423425341

Identificación NO INDICA

Procedencia NO INDICA

Capacidad Máxima 600 g

División de escala (d) 0,01 g

División de verificación (e) 0,1 g

Tipo ELECTRONICA

Ubicación Lab. Masa de Metrotest E.I.R.L.

Visión:
Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios
Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.

Fecha de Calibración 2019-12-13

Método de Calibración

Comparación Directa. Procedimiento de Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y Clase IIII. PC - 001 del SNM-INDECOPI, Tercera Edición enero 2010.

Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	19,7 °C	19,5 °C
Humedad Relativa	45 %	44 %

Sello Fecha de emisión Jefe de Metrología



2018-09-13

Luigi Asento G.

Página 1 de 4
FM035-01



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACION CMM-642-2019

Observaciones

Automático; el límite inferior (capacidad mínima) de medida para esta balanza no debe ser menor a 0,2 g

Los Errores Máximos Permitidos (emp) mostrados en este documento corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III según NMP:003:2009 - 2da Edición

Los resultados del presente documento, son válidos únicamente para el objeto calibrado y se refieren al momento y a las condiciones en que fueron ejecutadas las mediciones, al solicitante le corresponde definir la frecuencia de calibración en función al uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición.

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales e internacionales que materializan las unidades físicas de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de INACAL-DM	Juego de pesas (Clase E2)	LM-597-2018



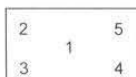


Metrotest
E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CMM-642-2019**

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD



VISTA FRONTAL

Nº	Determinación del Eo				Determinación del Error corregido Ec					
	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	emp (g)
1	0,10	0,10	0,007	0,0	200,00	200,00	0,007	0,0	0,0	0,2
2		0,10	0,007	0,0		200,00	0,007	0,0	0,0	
3		0,10	0,007	0,0		200,00	0,007	0,0	0,0	
4		0,09	0,007	0,0		200,00	0,007	0,0	0,0	
5		0,10	0,007	0,0		200,00	0,007	0,0	0,0	

emp Error Máximo Permitido
I Indicación del instrumento
E Error encontrado
Ec Error corregido
Eo Error en cero
ΔL Carga incrementada

LECTURA CORREGIDA E INCERTIDUMBRE DE LA BALANZA

$$\text{Lectura corregida} = R + 0,000002 \times R$$

$$\text{Incertidumbre Expandida} = 2 \times \sqrt{0,000017 \text{ g}^2 + 0,0000000003 \times R^2}$$

R Lectura, cualquier indicación obtenida después de la calibración.

Los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de Capacidad Máxima: 600 g, División de verificación (e): 0,1 g y clase de exactitud III, según Norma Metrológica: Instrumento de Funcionamiento No Automático NMP:003:2009 - 2da Edición, es:

Intervalo		emp	
0 g	a	50 g	0,1 g
50 g	a	200 g	0,2 g
200 g	a	600 g	0,3 g



**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 240 - 2020**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

1. Expediente	200610	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C.	
3. Dirección	Av. Simon Bolivar N° 2740, Puno - Puno - PUNO	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA CBR	METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Capacidad	5000 kgf	
Marca	KAIZA CORP	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	G8C01003	
Procedencia	NO INDICA	
Identificación	NO INDICA	
Indicación	DIGITAL	Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.
Marca	HIGH WEIGHT	
Modelo	315-X8	
Número de Serie	221114	
Resolución	0,1 kgf	El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
5. Fecha de Calibración	2020-11-12	

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-11-26

Firmado digitalmente por
Eleazar Cesar Chavez Raraz
Fecha: 2020.12.10 17:13:37
-05'00'

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 240 - 2020***Área de Metrología**Laboratorio de Fuerza*

Página 2 de 3

6. Método de Calibración

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al SI calibrados en las instalaciones del LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

7. Lugar de calibración

Laboratorio de Fuerza de METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. - METROTEC
Av. San Diego de Alcalá Mz. F1 lote 24 Urb. San Diego, San Martín de Porres - Lima

8. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	23,2 °C	23,2 °C
Humedad Relativa	74 % HR	74 % HR

9. Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GmbH - Alemania	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,5 %	LEDI-PUCP INF-LE 012-20B

10. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación CALIBRADO.
- El equipo trabaja con una celda de carga, M81: ZEMIC, Modelo: H3-C3-5.0t-6B y Serie: 5.0t P2C037485

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
MT - LF - 240 - 2020**

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

11. Resultados de Medición

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	F_i (kgf)	F_1 (kgf)	F_2 (kgf)	F_3 (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500,0	502,3	502,0	502,1	502,1
20	1000,0	1003,5	1003,0	1003,0	1003,2
30	1500,0	1503,1	1502,8	1503,0	1503,0
40	2000,0	2001,5	2001,3	2001,3	2001,4
50	2500,0	2501,0	2501,0	2501,2	2501,1
60	3000,0	3000,4	3000,2	3000,5	3000,4
70	3500,0	3500,0	3500,1	3500,2	3500,1
80	4000,0	3999,1	3999,2	3999,1	3999,1
90	4500,0	4498,2	4498,1	4498,1	4498,1
100	5000,0	4997,5	4997,3	4997,3	4997,4
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa a (%)	
500,0	-0,42	0,06	---	0,02	0,21
1000,0	-0,32	0,05	---	0,01	0,21
1500,0	-0,20	0,02	---	0,01	0,21
2000,0	-0,07	0,01	---	0,01	0,21
2500,0	-0,04	0,01	---	0,00	0,21
3000,0	-0,01	0,01	---	0,00	0,21
3500,0	0,00	0,01	---	0,00	0,21
4000,0	0,02	0,00	---	0,00	0,21
4500,0	0,04	0,00	---	0,00	0,21
5000,0	0,05	0,00	---	0,00	0,21


MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO (f_0)	0,00 %
---	--------

12. Incertidumbre

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura $k=2$, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Anexo 8: Boleta de ensayos de laboratorio.

 G&C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. <small>DE LAS ROCAS INGS S.A.C. LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES / ÁREA DE MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y ASFALTOS</small>						
G&C GEOTECHNIK M.T.L. G & C CONSULTORES Y CONTRATISTAS GENERALES S.A.C. AV. SIMÓN BOLÍVAR 2740 BR. CHANU CHANU 1 CDRA GRIFO DEL CUARTEL PUNO - PUNO - PUNO						
BOLETA DE VENTA ELECTRÓNICA RUC: 20601125405 EB01-11						
Fecha de Vencimiento : Fecha de Emisión : 28/09/2021 Señor(es) : FRANK ELVIS RODRIGUEZ DNI : ASQUI Tipo de Moneda : 746970S1 Observación : SOLES						
Cantidad	Unidad Medida	Descripción	Valor Unitario(*)	Descuento(*)	Importe de Venta(**)	ICBPER
1.00	UNIDAD	SERVICIO DE ENSAYOS DE LABORATORIO PARA LA TESIS: INCORPORACION DE VIDRIO TRITURADO PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA AVENIDA INDUSTRIAL, PUNO-2021	940.00	0.00	1,109.20	0.00
Otros Cargos : S/0.00 Otros Tributos : S/0.00 ICBPER : S/ 0.00 Importe Total : S/1,109.20						
(*) Sin impuestos. (**) Incluye impuestos, de ser Op. Gravada.		SON: UN MIL CIENTO NUEVE Y 20/100 SOLES Op. Gravada : S/ 940.00 Op. Exonerada : S/ 0.00 Op. Inafecta : S/ 0.00 ISC : S/ 0.00 IGV : S/ 169.20 ICBPER : S/ 0.00 Otros Cargos : S/ 0.00 Otros Tributos : S/ 0.00 Monto de Redondeo : S/ 0.00 Importe Total : S/ 1,109.20				
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.						