



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Influencia del aguamiel de cabuya en las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, Cusco - 2022”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero civil

AUTOR:

Untiveros Rodas, Jarol Oswaldo (ORCID: 0000-0002-69131784)

ASESOR:

Mg. Benavente león, Christian (ORCID: 0000-0032416-4301)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

CALLAO - PERÚ

2022

Dedicatoria

A Dios, por su infinita bondad, por guiarme, bendecirme, ser mi soporte en los tiempos de prueba y haberme permitido llegar hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres, H. Oswaldo y Juana por brindarme su apoyo incondicional, su amor, su paciencia, sus consejos, palabras de aliento y por anhelar siempre lo mejor para mi vida.

A mi hermana Jocabet, por guiarme, inspirarme a seguir adelante y estar siempre presente en cada etapa de mi vida.

Untiveros Rodas, Jarol Oswaldo

Agradecimiento

A la Universidad Cesar Vallejo, por permitirme ser un profesional en lo que tanto me apasiona y ser parte de esta prestigiosa casa de estudios.

A mis docentes por todos los años de enseñanza impartida para mi formación profesional.

A mi asesor Mg. Ing. Crhistian Benavente León, por su tiempo, enseñanza, orientación durante mi investigación efectuada.

Untiveros Rodas, Jarol Oswaldo

Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento	iii
Índice de contenidos	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	6
III. METODOLOGÍA.....	26
3.1 Tipo y diseño de investigación	26
3.2 Variables y operacionalización	26
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.....	38
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES.....	44
REFERENCIAS	45
ANEXOS.....	50
ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autores)	51
ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)	52
ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables.....	53
ANEXO 4: Matriz de consistencia	54
ANEXO 5: Ensayos de laboratorio	55
ANEXO 6: Certificado de calibración de los instrumentos del laboratorio.....	74
ANEXO 7: Panel fotográfico.....	82

Índice de tablas

Tabla 1. Taxonomía del Agave americano L.....	11
Tabla 2. Taxonomía de la Furcraea andina Trel.	11
Tabla 3. Características organolépticas del aguamiel	12
Tabla 4. Clasificación de polímeros según su origen	13
Tabla 5. Requisitos de calidad del material para afirmado	17
Tabla 6. Tamices estándar	20
Tabla 7. Determinación del factor K.....	21
Tabla 8. Resultado del ensayo de contenido de humedad.....	30
Tabla 9. Resultado del ensayo granulométrico	30
Tabla 10. Resultado del ensayo de abrasión	31
Tabla 11. Resultado del ensayo de límite líquido.....	32
Tabla 12. Resultado del ensayo de límite plástico	32
Tabla 13. Resultado del ensayo Proctor modificado	33
Tabla 14. Resultado del ensayo de CBR al 100% de la MDS	33
Tabla 15. Resultado del ensayo de compactación – Muestra con 1% AC.....	34
Tabla 16. Resultado del ensayo de compactación – Muestra con 2% AC.....	34
Tabla 17. Resultado del ensayo de compactación – Muestra con 4% AC.....	34
Tabla 18. Resultado del ensayo de CBR – Muestra con 1% de aguamiel.....	35
Tabla 19. Resultado del ensayo de CBR – Muestra con 2% de aguamiel.....	35
Tabla 20. Resultado del ensayo de CBR – Muestra con 4% de aguamiel.....	36

Índice de figuras

Figura 1. Planta de cabuya.....	10
Figura 2. Aguamiel de cabuya	13
Figura 3. Orificio para la extracción de aguamiel de cabuya.....	15
Figura 4. Límites de atterberg	20
Figura 5. Ensayo para determinar el límite plástico	22
Figura 6. Ejemplo de la curva Humedad-Densidad Seca	23
Figura 7. Molde cilíndrico de 4" para la compactación.....	24
Figura 8. Molde cilíndrico de 6" para la compactación.....	24
Figura 9. Equipo modificado para el ensayo de CBR	25
Figura 10. Curva granulométrica y límites de la gradación A-1.....	31
Figura 11. MDS de las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC.....	35
Figura 12. CBR (0.1") de las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC.....	36
Figura 13. CBR (0.2") de las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC.....	36
Figura 14. Discusión de los resultados de la MDS	40
Figura 15. Discusión de los resultados del CBR a 0.1"	41
Figura 16. Discusión de los resultados del CBR a 0.2"	42

Resumen

El objetivo de la investigación fue determinar la influencia del aguamiel de cabuya (AC) en las propiedades mecánicas del material para afirmado. La metodología de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño cuasiexperimental desde un enfoque cuantitativo, donde la población estuvo conformada por el material para afirmado de la cantera Quillahuata y la muestra estuvo conformada por el material extraído de la calicata M-1. Se analizó una porción (muestra patrón) del material para determinar su calidad como material de afirmado, según el Manual de Carreteras EG-2013, y luego se utilizó el material restante para preparar las muestras con incorporación de AC, obteniendo como resultado una máxima densidad seca (MDS) igual a 2.29 gr/cm², 2.33gr/cm³, 2.63 gr/cm³ y 2.59 gr/cm³ para las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC respectivamente, un CBR al 100% de la MDS a 0.1" igual a 40.30%, 50.84%, 47.20% y 28.28%, y a 0.2" igual a 55.35%, 61.82%, 77.61% y 51.27% para las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC respectivamente, llegando a la conclusión que las propiedades mecánicas del material para afirmado de la cantera Quillahuata mejoraban significativamente al incorporar aguamiel de cabuya en 1% y 2%.

Palabras clave: Afirmado, CBR, Aguamiel de cabuya

Abstract

The objective of the research was to determine the influence of cabuya mead (AC) on the mechanical properties of the aggregate. The research methodology was of an applied type and of quasiexperimental design from a quantitative approach, where the population was made up of the material for the Quillahuata quarry and the sample was made up of the material extracted from the M-1 test pit. A portion (standard sample) of the material was analyzed to determine its quality as a road pavement material, according to the Highway Manual EG-2013, and then the remaining material was used to prepare the samples with incorporation of AC, obtaining as a result a maximum dry density (MDS) equal to 2.29 gr/cm², 2.33gr/cm³, 2.63 gr/cm³ and 2. 59 gr/cm³ for the samples with 0%, 1%, 2% and 4% of AC respectively, a CBR at 100% of the MDS at 0.1" equal to 40.30%, 50.84%, 47.20% and 28.28%, and at 0.2" equal to 55.35%, 61.82%, 77.61% and 51. 27% for the samples with 0%, 1%, 2% and 4% of AC respectively, reaching the conclusion that the mechanical properties of the Quillahuata quarry aggregate were significantly improved by incorporating 1% and 2% of cabuya mead.

Keywords: Aggregate, CBR, Cabuya mead

I. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad Problemática

A nivel internacional algunos países como EE.UU, Japón y Alemania se percataron de la importancia de contar con una red de caminos debido a que esta posibilitaba la interconexión de todo su territorio, por ello impulsaron políticas para el desarrollo de la infraestructura vial, lo que trajo como consecuencia un crecimiento económico sin precedentes para dichos países.

Por esta razón la infraestructura vial es y seguirá siendo relevante no solo para el desarrollo económico sino también para el desarrollo social y cultural de los países en todo el mundo, ya que las carreteras han hecho posible que las personas puedan desplazarse de un punto a otro con una facilidad impresionante y como consecuencia esto ha contribuido a integrar aún mas a los pueblos, además un país que está interconectado significa que tiene una mayor competitividad comercial, por ello es importante evaluar la condición de las carreteras con la finalidad de conservar un adecuado nivel de servicio, el cual se ve afectado principalmente por fallas estructurales producto del deterioro o por un mal diseño de los mismos. (Ávila et al., 2015)

Debido a que la infraestructura es un parámetro importante para determinar el desarrollo económico y social de un país años atrás ya se afirmaba que el mantenimiento de las vías se iba a convertir en un tema importante, pues la agresividad de las cargas de tráfico aumentaban y las vías no habían sido diseñadas para soportar dichas cargas, por ello surgió la necesidad de mejorar tanto el diseño como los procesos constructivos con la intención de disminuir los costos asociados al mantenimiento las vías. (Simona, 2004)

En la actualidad hay miles de kilómetros de carreteras sin pavimentar alrededor del mundo, y al constituir las carreteras el principal medio para el transporte a nivel mundial tiene una importancia crucial no sólo para las economías sino también en nuestra vida cotidiana (Gutiérrez, 2017).

Según Morales (2015) el suelo es un material que debido a sus propiedades físico-mecánicas puede ser utilizado en la construcción de carreteras, encargándose de

soportar y transmitir la carga que se produce sobre la superficie de rodadura debido al paso de los vehículos, por ello es de vital importancia impulsar el avance de nuevas técnicas para mejorar la calidad de los suelos con la finalidad que estos cumplan con los requerimientos establecidos por la normativa de cada país y de esta manera puedan ser utilizados en la construcción de carreteras.

Por ello que en las últimas décadas se han venido desarrollando diversos métodos para el mejoramiento de suelos, uno de los cuales ha sido la adición de materiales con ciertas características para mejorar la capacidad de carga de los suelos, por ejemplo, mediante la adición cenizas.

A nivel nacional, según el Reporte de Competitividad Global (2019), el Perú ocupa el puesto 110 respecto al indicador de calidad de infraestructura en carreteras de los 141 países evaluados. Esta posición en el ranking no es debido a que el 84% de la Red Vial existente en el país se encuentre en un situación de no pavimentada (Oficina de Estadística del MTC, 2019), sino por el estado de deterioro en que se encuentran las vías no pavimentadas que responde básicamente a un mal manejo del mantenimiento y conservación de estas vías por parte de las autoridades a cargo.

Esto se debe a la falta de criterio técnico al momento de construir estas vías no pavimentadas ya que se utilizan materiales que no cumplen con los requerimientos mínimos, según el Manual de Carreteras EG-2013, por lo que el uso de aditivos naturales para mejorar la capacidad de resistencia (CBR) de los materiales en vías de afirmado han venido en aumento.

A nivel regional, según la Oficina de Estadística del MTC a julio de 2019, la Red Vial Nacional, Red Vial Departamental y Red Vial Vecinal el Cusco contaba con 329.1 km, 2217.4 km y 3573.3 km de vías en afirmado, respectivamente, convirtiéndose en la primera región de la Red Vial Departamental y la segunda región de la Red Vial Vecinal con mayor kilometraje de vías en afirmado (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2020).

Este gran kilometraje de vías en condición de afirmado y que en su mayoría están en condición deplorable por las pésimas condiciones de su infraestructura hace necesario que los profesionales que entienden del tema empiecen a voltear la vista

a esta situación problemática para buscar soluciones desde un punto de vista técnico.

Los investigadores han hecho uso de su conocimiento para hacer uso de diversos estabilizantes para la mejora de este material de afirmado, pero en su mayoría estabilizantes de origen químico, por lo tanto falta hacer uso de estabilizantes de origen natural.

En ese sentido en la presente investigación se plantea la utilización del aguamiel de cabuya como un estabilizante natural para mejorar la calidad del material de afirmado de la cantera Quillahuata. Además el Cusco se caracteriza por presentar en la mayoría de su territorio suelos arcillosos que se clasifican como suelos cohesivos, por lo que muchos de estos suelos tienen que ser mejorados para cumplir con las especificaciones técnicas que demandan las construcciones de vías de afirmado en el distrito de San Jerónimo provincia de Cusco.

1.2 Formulación del problema de la investigación

Problema General

¿Cuál es la influencia del aguamiel de cabuya en las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, 2022?

Problemas Específicos

P1. ¿En qué medida el material para afirmado cumple con los requisitos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013?

P2. ¿Cuál es la máxima densidad seca del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%?

P3. ¿Cuál es el CBR del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%?

1.3 Justificación de la investigación

La investigación presenta justificación técnica ya que no solo se realizaron los ensayos respectivos para determinar la calidad del material para afirmado de la cantera Quillahuata sino que también se logró mejorar las propiedades mecánicas de este material al incorporar aguamiel de cabuya con una dosificación óptima,

también presenta justificación teórica porque para la realización del marco teórico se recopiló y sintetizó la información de diversas investigaciones referidas a la variable independiente, es decir, se describió que es el aguamiel de cabuya, su proceso de extracción y sus características físico-químicas que la convierten en una opción para mejorar las propiedades mecánicas del afirmado; así mismo presenta justificación práctica debido a que la obtención de aguamiel de cabuya y su aplicación para el mejoramiento de la calidad de las vías de afirmado, que serán construidas con el material extraído de la cantera Quillahuata, es viable desde el punto de vista práctico; finalmente presenta justificación social ya que esta investigación busca mejorar la calidad de vida de las poblaciones locales al mejorar el nivel de servicio de las vías de afirmado, contribuyendo de esta manera al desarrollo social y económico del distrito de San Jerónimo de la provincia de Cusco.

1.4 Objetivo de la investigación

Objetivo General

Determinar la influencia del aguamiel de cabuya en las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, 2022

Objetivos Específicos

O1. Determinar en qué medida el material para afirmado cumple con los requisitos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013.

O2. Determinar la máxima densidad seca del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%

O3. Determinar el CBR del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%

1.5 Hipótesis de la investigación

Hipótesis General

La incorporación de aguamiel de cabuya mejorará las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, 2022

Hipótesis Específicos

H1. El material para afirmado cumple con los requisitos de calidad mínimos establecidos el Manual de Carreteras EG-2013

H2. La incorporación de aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% mejorará la máxima densidad seca del material para afirmado

H3. La incorporación de aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% mejorará el CBR del material para afirmado

II. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes Internacionales

Carvajal, Rincón y Zarate (2018) en su investigación **titulada** “*Mejoramiento del material de afirmado de la cantera La Esmeralda mediante la inclusión de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombro*” fijaron como **objetivo** mejorar el material para afirmado mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz (CCA) y material reciclado de escombro. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental (cuasiexperimental) desde un enfoque cuantitativo, y de acuerdo a la evaluación del material para afirmado, con adición de CCA en 0%, 5%, 10% y 15%, se obtuvo como **resultado** para dichos porcentajes que su MDS era 1.32 gr/cm³, 1.25 gr/cm³, 1.08 gr/cm³ y 1.00 gr/cm³ respectivamente, su OCH era 10%, 11%, 16% y 17% respectivamente, su CBR al 100% de la MDS a 0.1” de penetración era 10.19%, 55.16%, 41.07% y 26.98%, y su CBR al 100% de la MDS a 0.2” de penetración era 11.45%, 47.66%, 46.19% y 21.82% respectivamente, llegando a la **conclusión** que el material para afirmado presentaba un mejoramiento significativo de sus propiedades mecánicas al adicionar CCA en 5% y 10%, respecto a la muestra patrón, siendo la dosificación óptima el 5% de CCA.

Rojas, Gutierrez y Vargas (2020) en su investigación **titulada** “*Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías*” fijaron como **objetivo** analizar las propiedades del material para afirmado, mezclarlo con ceniza de cascarilla de café (CCC) y evaluar su comportamiento mediante ensayos de laboratorio para determinar la dosificación óptima. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental (cuasiexperimental) desde un enfoque cuantitativo, y de acuerdo a la evaluación del material para afirmado, con adición de cenizas de cascarilla de café (CCC) en 0%, 4%, 8% y 14%, se obtuvo como **resultado** para dichos porcentajes que su MDS era 2.003 gr/cm³, 2.020 gr/cm³, 2.050 gr/cm³ y 1.994 gr/cm³ respectivamente, su OCH era 9.6%, 12.0%, 11.0% y 13.8% respectivamente, su CBR al 100% de la MDS a 0.1” de penetración era 19%, 17%, 23% y 27% respectivamente, y su CBR al 100% de la MDS a 0.2” de penetración era 64%, 66%, 82% y 87% respectivamente, es decir, al analizar su MDS se

observó que al incorporar CCA en 4% y 8% mejoraba en 0.8% y 2.3% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar CCA en 14% disminuía en 0.4%, llegando a la **conclusión** que el material para afirmado presentaba un mejoramiento significativo de sus propiedades mecánicas al adicionar CCC en 8% y 14%, respecto a la muestra patrón, siendo la dosificación óptima el 14% de CCC.

Sánchez y Rincón (2019) en su investigación **titulada** *“Determinación de las propiedades mecánicas de material proveniente de zonas de extracción en el municipio de Ocaña, para su uso en vías en afirmado, estabilizado con cal hidratada”* fijaron como **objetivo** determinar las propiedades mecánicas de los materiales para afirmado de tres canteras, estabilizadas con cal hidratada. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño cuasiexperimental desde un enfoque cuantitativo, y de acuerdo a la evaluación de las muestras se obtuvo como **resultado** que el material para afirmado de la cantera Circunvar tenía una MDS igual a 1.967 gr/cm³ y un CBR al 95% igual a 36%, mientras que al incorporar cal hidrata en 8% tenía una MDS igual a 1.875 gr/cm³ y un CBR al 95% igual a 100%, el material para afirmado de la cantera Limonia tenía una MDS igual a 1.729 gr/cm³ y un CBR al 95% igual a 1.8%, mientras que al incorporar cal hidrata en 8% tenía una MDS igual a 1.661 gr/cm³ y un CBR al 95% igual a 64%, y el material para afirmado de la cantera Villa Laura tenía una MDS igual a 1.948 gr/cm³ y un CBR al 95% igual a 21%, mientras que al incorporar cal hidrata en 10% tenía una MDS igual a 1.849 gr/cm³ y un CBR al 95% igual a 120%, llegando a la **conclusión** que el material para afirmado de la cantera Limonia es el que presenta un mejoramiento significativo de sus propiedades mecánicas al adicionar cal hidratada en 8%.

2.2 Antecedentes Nacionales

Quevedo (2020) en su investigación **titulada** *“Influencia del jugo de saccharum officinarum en el afirmado del tipo procesado en los suelos para infraestructuras viales, Moyobamba, 2020”* fijó como **objetivo** determinar la influencia de la incorporación del jugo de saccharum officinarum en el CBR del afirmado de tipo procesado. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental (cuasiexperimental) desde un enfoque cuantitativo, y de

acuerdo a la evaluación del material para afirmado de la cantera Gárate se obtuvo como **resultado** que su contenido de humedad era 3.36%, su granulometría se encontraba dentro de la gradación A-1 ya que el porcentaje de grava, arena y finos era 56.9%, 40.2% y 2.9% respectivamente, el desgaste de sus partículas gruesas al ser introducidas en la máquina Los Ángeles era 49.61%, su límite líquido era 11.8%, su MDS era 2.284 gr/cm³ y su CBR al 100% de la MDS con una penetración de 0.1" era 71%, mientras que al incorporar jugo saccharum officinarum en 2%, 5% y 10% el material para afirmado tenía una MDS igual a 2.269 gr/cm³, 2.280 gr/cm³ y 2.355 gr/cm³ respectivamente, y su CBR al 100% de la MDS a 0.1" de penetración era 74%, 18% y 4.4% respectivamente, llegando a la **conclusión** que el material para afirmado de la cantera Gárate cumplía con los requisitos de calidad, según el Manual de Carreteras EG-2013, y presentaba un mejoramiento del CBR, respecto a la muestra patrón, al incorporar jugo saccharum officinarum en 2%.

Guerrero y Vergara (2021) en su investigación **titulada** "*Incorporación de ceniza de cascara de arroz para incrementar el CBR en el afirmado, Jaén 2021*" fijaron como **objetivo** incorporar ceniza de cáscara de arroz (CCA) para el incremento del CBR del afirmado extraído de la cantera ubicada en la provincia de Jaén. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental desde un enfoque cuantitativo, y de acuerdo a la evaluación del material para afirmado se obtuvo como **resultado** que su MDS era 2.118 gr/cm³, su CBR al 100% de la MDS a 0.1" de penetración era 63.91% y su CBR al 100% de la MDS a 0.2" era 70.24%, mientras que al incorporar CCA en 2%, 4% y 6% el material para afirmado tenía una MDS igual a 2.116 gr/cm³, 2.062 gr/cm³ y 2.060 gr/cm³ respectivamente, su CBR al 100% de la MDS a 0.1" de penetración era 69.16%, 76.92% y 52.83% respectivamente, y su CBR al 100% de la MDS a 0.2" de penetración era 72.07%, 89.21% y 68.67% respectivamente, es decir, al analizar su CBR a 0.1" se observó que al incorporar CCA en 2% y 4% mejoraba en 8.2% y 20.4% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar CCA en 8% disminuía en 17.3%, y al analizar el CBR a 0.2" se observó que al incorporar CCA en 2% y 4% mejoraba en 2.6% y 27.0% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar CCA en 8% disminuía en 2.2%, llegando a la **conclusión** que el material para afirmado de la cantera estudiada

presentaba un incremento de su CBR al incorporar CCA en 2% y 4%, siendo la dosificación óptima el 4% de CCA.

Jave (2020) en su investigación **titulada** “*Propiedades físico-mecánicas de material para afirmado de la cantera El Gavilán con la adición de poliuretano en 2%, 4% y 6%*” fijó como **objetivo** determinar el mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del material para afirmado con la incorporación de poliuretano. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada, de nivel descriptivo y de diseño experimental (cuasiexperimental) desde un enfoque cuantitativo, y de acuerdo a la evaluación del material para afirmado se obtuvo como **resultado** que su MDS era 2.110 gr/cm³ y su CBR al 100% de la MDS a 0.1” de penetración era 7.82%, mientras que al adicionar poliuretano en 2%, 4% y 6% el material para afirmado tenía una MDS igual a 2.172 gr/cm³, 2.100 gr/cm³ y 2.086 gr/cm³ respectivamente, y su CBR al 100% de la MDS a 0.1” de penetración era 17.25%, 72.90% y 98.60% respectivamente, llegando a la **conclusión** que el material para afirmado de la cantera El Gavilán presentaba un mejoramiento significativo de sus propiedades mecánicas al incorporar poliuretano en 4% y 6%, respecto a la muestra patrón, siendo la dosificación óptima el 6% de Poliuretano.

Nina (2019) en su investigación **titulada** “*Influencia de la incorporación de tres niveles de cal (2%, 4% y 6%) en la capacidad portante del suelo de la cantera Mashcón*” fijó como **objetivo** determinar la influencia de la cal en el CBR del material de cantera. La **metodología** de la investigación fue de tipo aplicada y de diseño experimental (cuasiexperimental) desde un enfoque cuantitativo, y de acuerdo a la evaluación del material de cantera se obtuvo como **resultado** que su MDS era 2.10 gr/cm³ y su CBR al 100% de la MDS a 0.1” de penetración era 8.01%, mientras que al incorporar cal en 2%, 4% y 6% el material de cantera tenía una MDS igual a 2.02 gr/cm³, 2.01 gr/cm³ y 1.99 gr/cm³ respectivamente, y su CBR al 100% MDS a 0.1” de penetración era 9.09%, 8.48% y 7.92% respectivamente, llegando a la **conclusión** que el material de la cantera Mashcón presentaba un mejoramiento de su CBR al incorporar cal en 2% y 4%, respecto a la muestra patrón, siendo la dosificación óptima el 2% de poliuretano, sin embargo no cumplía con el requisito de tener un CBR mayor al 40%

2.3 Teorías relacionadas al tema

En la variable independiente, aguamiel de cabuya.

Cabuya

La cabuya, perteneciente a la familia de las agaváceas, es una planta que crece de manera natural en la sierra del Perú, es decir, se encuentra en forma silvestre (Cervantes y Cuya, 2015).

Existen dos especies nativas de agaváceas pertenecientes al género *Furcraea* en el Perú, y si bien no existe una especie nativa del género *Agave*, se encuentra asilvestrada la especie *Agave americana* L. (Pino, 2006)

Según Cervantes y Cuya (2015) esta planta puede llegar a medir de 2 a 7 metros de altura, tiene un tronco corto en forma de cilindro y sus hojas pueden medir de 1.20 a 2.00 metros de largo con un ancho de hasta 30 centímetros, las cuales pueden tener un color verde grisáceo o azulado; además esta planta se caracteriza por crecer muy rápido, alcanzando la madurez en poco tiempo.

Algunas plantas pertenecientes al género *Agave* y *Furcraea* forman parte de la flora local del Cusco y en algunas zonas de la región estas plantas se utilizan generalmente como un elemento natural para delimitar las tierras de cultivo o los caminos (Sucllar y Paucara, 2018).

Figura 1. *Planta de cabuya*



Fuente: Bautista (2006)

Clasificación taxonomica de la cabuya

Cabuya (*Agave americana* L.)

También conocido como cabuya azul, se extiende por toda la zona andina desde los 2500 hasta los 3500 m.s.n.m y casi siempre se encuentra cerca de los centros poblados, y se caracteriza porque sus hojas oblongo lanceoladas, carnosas y provistas de espinas en sus bordes, están acomodadas en forma de roseta (Pino, 2006).

Tabla 1. Taxonomía del *Agave americano* L.

Taxonomía	
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Liliidae
Orden	Liliales
Familia	Agavaceae
Género	Agave
Especie	Agave americana L.

Fuente: Cervantes y Cuya (2015)

Cabuya (*Furcraea andina*)

Según Barrantes (2013) esta especie pertenece a la familia de las agaváceas, es natural del Perú y se la puede encontrar en las regiones costa, yunga y quechua. Se le conoce vernacularmente como “cabuya” aunque también recibe otros nombres como “chuchau”, en el Norte, y “chunta paqpa” o “paqpa”, en la Sierra Centro y Sur (Iannacone et al., 2013).

Tabla 2. Taxonomía de la *Furcraea andina* Trel.

Taxonomía	
División	Magnoliophyta
Clase	Liliopsida
Subclase	Liliidae
Orden	Liliales
Familia	Agavaceae
Género	Furcraea

Especie	Furcraea andina Trel.
---------	-----------------------

Fuente: Cervantes y Cuya (2015)

Aguamiel de cabuya

Es un líquido o sustancia que se obtiene producto de la exudación de la Cabuya, usada desde la antigüedad por sus propiedades curativas, y se caracteriza por tener un sabor dulce agradable, de olor característico y su color varía de blanco tenue a amarillo claro (Mayón, 2015).

Tabla 3. Características organolépticas del aguamiel

Características organolépticas	
Color	Blanco transparente
Olor	Característico
Sabor	Dulce
Aspecto	Líquido homogéneo

Fuente: Bautista (2006)

Según Bautista (2006) este líquido recibe diversos nombres de acuerdo al lugar, por ejemplo, “upi de cabuya”, “caldo de cabuya”, “dulce de cabuya” y “aguamiel de agave”, y la cantidad de aguamiel que se puede extraer depende en gran medida de la magnitud de la planta, su edad y la estación del año.

Así mismo Pillajo (2015) afirma que el aguamiel de cabuya está compuesto mayormente por agua que representa el 97%, seguido por los carbohidratos simples (azúcares), proteínas, grasas y micronutrientes que representan el 3%. Entre estos carbohidratos tenemos a la fructuosa, sacarosa y glucosa como las más representativas (Jurado y Sarzosa, 2009)

Figura 2. Aguamiel de cabuya



Fuente: Benites (2017)

Debido a su composición el aguamiel de cabuya puede considerarse un polímero natural por su origen vegetal, por lo tanto su utilización como estabilizante químico es mucho más económico y ecológico que utilizar polímeros artificiales como el asfalto para la estabilización de suelos (Benites, 2017, pág. 19).

Polímeros naturales

Los polímeros son cadenas de moléculas muy pequeñas conocidas como monómeros, que se unen entre sí mediante enlaces covalentes, producto de una serie de reacciones químicas o producto de la polimerización, y de acuerdo a su origen se pueden clasificar en naturales o artificiales (Benites, 2017, pág. 16).

Tabla 4. Clasificación de polímeros según su origen

Clasificación	Tipo de polímero	Definición
Según su origen	Naturales	Se obtienen directamente de los vegetales o animales, como por ejemplo caucho natural, la celulosa, las proteínas, grasas de origen animal o vegetal, etc.
	Artificiales o sintéticos	Proviene de la polimerización controlada por el hombre, como por ejemplo los plásticos, derivados del petróleo, etc.

Fuente: Benites (2019)

Este material es considerado un estabilizante químico ya que logra mejorar considerablemente las propiedades mecánicas del suelo, por ejemplo los polímeros naturales extraídos de los vegetales como las suculentas se adhieren a las

partículas de arcilla permitiendo regular el paso del agua y por tanto controlar su variación volumétrica (Benites, 2017, pág. 16).

Además de impermeabilizar las partículas, la adición de polímeros naturales incrementa la resistencia del suelo debido a que estos tienen la capacidad de dispersarse entre las partículas pequeñas y ocupar los espacios vacíos que hay entre ellos, es decir, estos polímeros aumentan la densidad seca del suelo logrando elevar aún más su resistencia mecánica (Benites, 2017, pág. 17).

Según Ríos (2010) la adición de resinas o polímeros para la estabilización de suelos se realiza en el rango del 1% y 2%, respecto al peso seco del suelo que será intervenido (pág. 45).

Extracción del aguamiel de cabuya

Para la extracción del aguamiel se deben considerar a las plantas adultas, antes que estas entren en su etapa de floración, además menciona que este líquido tiende a acumularse en la parte inferior de la planta (Cuellar y Marcos, 2019).

Cabe recalcar que la extracción del aguamiel se debe realizar antes que la cabuya florezca porque luego de ello la planta muere; normalmente se extrae cuando la planta alcanza una altura de 3 metros aproximadamente. (Cervantes y Cuya, 2015, pág. 26)

Procedimiento para la extracción

a. Elaboración del orificio

Primero se deben cortar las hojas externas con la intención de abrirse camino hacia el centro de la planta y luego se procede a cortar las hojas interiores hasta formar el área donde se realizará el orificio en el tronco. (Cervantes y Cuya, 2015, pág. 26)

Figura 3. Orificio para la extracción de aguamiel de cabuya



Fuente: Bautista (2006)

b. Recolección del aguamiel

La recolección se realiza a diario y luego de ello siempre se tiene que raspar la pared del pocillo para evitar la cicatrización del mismo y así permitir la exudación, además cabe recalcar que este proceso se debe realizar con mucho cuidado ya que algunas sustancias que secreta la planta pueden dañar la piel (Bautista, 2006, pág. 18).

Según Cervantes y Cuya (2015) la extracción del aguamiel se puede realizar durante 20 días aproximadamente y luego de recolectarlo se sugiere tapar el orificio con unas hojas o piedras para impedir el ingreso de insectos o cuerpos extraños que puedan alterar su composición.

En la variable dependiente, propiedades físico-mecánicas del material para afirmado.

Afirmado

Se entiende por afirmado a aquella capa compactada conformada por material granular natural o procesada, la cual debe cumplir con una gradación específica para su utilización en la construcción de carreteras no pavimentadas ya que esta capa será la encargada de soportar directamente las cargas y esfuerzos del tránsito vehicular. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015)

Según MTC (2008) existen dos posibles usos del afirmado en la construcción de carreteras, el primero como capa de rodadura en carreteras no pavimentadas, y el segundo como capa inferior granular o como colchón anticontaminante.

El afirmado debe estar constituido por piedra, para soportar las cargas, arena, para llenar los vacíos entre las partículas más gruesas y darle mayor estabilidad al afirmado, y obligatoriamente debe tener un porcentaje de finos plásticos para cohesionar la mezcla. (MTC, 2008, pág. 145)

Material para afirmado

El material para afirmado está conformado por agregados naturales que pueden provenir de la explotación de fuentes naturales o pueden ser fabricados mediante la trituración de rocas y gravas. (MTC, 2014, pág. 116)

Entonces puede ser extraída de una fuente local de agregados, por ejemplo de una cantera de cerro, lo que significa que el material a usarse en el afirmado variará según la región y la cantera de cerro elegida. (MTC, 2008, pág. 144)

Este material no solo debe estar compuesto por piedra, arena y arcilla, sino que estos deben estar combinados adecuadamente para que el afirmado no sea pobre. (MTC, 2014, págs. 115)

Si el afirmado es utilizado como capa de rodadura, entonces el material debe estar constituido principalmente por piedra y arena, y una pequeña porción de finos plásticos que actúe como ligante. (MTC, 2008, pág. 156)

Así mismo se debe evitar que el material tenga un exceso de partículas planas, blandas o desintegrables y al mismo tiempo asegurarse que este libre de materia orgánica u otras sustancias que contribuyan con el rápido deterioro de la capa de rodadura. (MTC, 2013, pág. 116)

Según MTC (2013) para verificar el cumplimiento de los requisitos de calidad del material para afirmado, establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013, se deben evaluar las características o propiedades como la granulometría, límite líquido, índice de plasticidad, desgaste los ángeles y CBR.

Tabla 5. Requisitos de calidad del material para afirmado

Tamiz	Porcentaje que pasa					
	Gradación A-1	Gradación A-2	Gradación C	Gradación D	Gradación E	Gradación F
50 mm (2")	100					
37.5 mm (3/2")	100					
25 mm (1")	90-100	100	100	100	100	100
19 mm (3/4")	65-100	80-100				
9.50 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 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
Índice de Plasticidad	4 – 9					
Límite Líquido	Máx. 35%					
Desgaste Los Ángeles	Máx. 50%					
CBR	Mín. 40%					

Fuente: MTC (2013)

Con esto se logra que los agregados utilizados en la capa de rodadura tengan una alta resistencia a la abrasión y una buena gradación para lograr la compactación requerida y obtener un CBR mayor al 40%. (MTC, 2008, págs. 156, 157)

También es importante mencionar que el índice de plasticidad puede alcanzar un máximo de 12% debido a que la capa de rodadura necesita un mayor porcentaje de finos plásticos que le darán la cohesión necesaria. (MTC, 2013, pág. 117)

Según Romero (2018) las características o propiedades del material de afirmado se clasifican en físicas y mecánicas, las cuales son:

a. Granulometría

La granulometría es una propiedad física de los agregados que en su conjunto constituyen el afirmado, y es importante porque indica la distribución porcentual en peso, de las partículas de diverso tamaño que componen el suelo. (Álvarez et al., 2020, pág. 24)

Mediante el ensayo de análisis granulométrico se puede determinar la gradación del material compuesto por partículas de diferente tamaño y en base a ello decidir sobre su utilización como capa de rodadura en carreteras no pavimentadas, ya que se requiere de una gradación específica para los afirmados.

b. Humedad

La humedad es una propiedad física de los agregados que en su conjunto constituyen el afirmado, y es importante porque indica el porcentaje de agua que contiene el suelo en su condición natural. (Romero, 2018, pág. 21)

Según Romero (2018) mediante el ensayo de contenido de humedad se puede determinar la cantidad de agua alojada en los poros de cada una de las partículas así como también el agua contenida entre ellas, además permite establecer el estado de consistencia del suelo y en base a ello decidir si el material puede ser utilizado en la construcción de carreteras no pavimentadas, ya que el afirmado debe tener cierta plasticidad.

c. Plasticidad

La plasticidad es una propiedad física de los agregados que en su conjunto constituyen el afirmado, y es importante porque indica la capacidad que tiene el suelo para deformarse sin presentar agrietamiento, sin rebote elástico y sin cambio de volumen, dentro de un rango específico de humedad. (Romero, 2018, pág. 22)

Según INDECOPO (2014) mediante los ensayos de límite plástico y límite plástico se puede determinar el contenido de humedad mínimo para que el suelo se comporte como un material plástico o como un fluido viscoso, y de la diferencia de estos límites se obtiene el índice de plasticidad, que establece el rango de contenido de humedad para que el suelo tenga cierta plasticidad, y en base a ello decidir si el material puede ser utilizado en carreteras no pavimentadas, ya que el afirmado debe tener un índice de plasticidad mínimo de 4% y máximo de 12%.

d. Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión es una propiedad mecánica de los agregados que en su conjunto constituyen el afirmado, y es importante porque indica la capacidad que tienen los agregados gruesos de cierto tamaño para resistir el desgaste producido por fuerzas externas. (INDECOPI, 2002, pág. 1)

Según INDECOPI (2002) mediante el ensayo de abrasión de Los Ángeles se puede determinar la degradación de los agregados gruesos de tamaños menores de 37.5 mm, y en base a ello decidir si el material es capaz de resistir el desgaste producido por los vehículos, ya que la degradación o desgaste Los Ángeles del afirmado debe ser como máximo 50%.

e. CBR

El CBR es una propiedad mecánica de los agregados que en su conjunto constituyen el afirmado, y es importante porque indica la capacidad resistente del suelo ante la aplicación una carga para producir una penetración específica. (Morales et al., 2009, pág. 23)

Según MTC (2016) mediante el ensayo CBR se puede determinar la resistencia del suelo y en base a ello decidir si el material puede ser utilizado en la construcción de carreteras no pavimentadas, ya que el valor del CBR del afirmado debe ser como mínimo 40%.

Ensayo granulométrico

Toirac (2012) señala que la granulometría es una propiedad física de los agregados, agregados gruesos (gravas naturales o manufacturadas) y agregados finos (arenas naturales o manufacturadas), y que conceptualmente se puede entender como la distribución, en porcentaje, de las partículas de diversos tamaños que conforman la muestra analizada.

La NTP 339.128 fija los pasos para realizar el análisis granulométrico, el cual consiste en determinar la granulometría de los suelos mediante el tamizado de los agregados y la sedimentación de los finos. (INDECOPI, 1999, pág. 1)

Para el análisis granulométrico de los agregados gruesos y finos mediante el tamizado se puede utilizar la NTP 400.012 (INDECOPI, 2001), y para determinar los materiales más finos que pasan el tamiz N°200 (0.075 mm) mediante el lavado en agregados se puede utilizar la NTP 400.018 (INDECOPI, 2002).

Según MTC (2016) los tamices estándar para el análisis granulométrico de los agregados son los siguientes:

Tabla 6. Tamices estándar

Tamices	Abertura (mm)	Tamices	Abertura (mm)
3"	75	N° 4	4.76
2"	50.8	N° 10	2
3/2"	38.1	N° 20	0.84
1"	25.4	N° 40	0.425
3/4"	19	N° 60	0.260
3/8"	9.5	N° 140	0.106
N° 4	4.76	N° 200	0.075

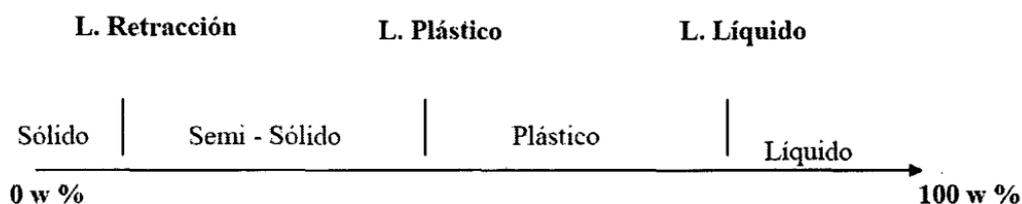
Fuente: MTC (2016)

Ensayo de límite líquido

Según Ocon (2013) la consistencia de los suelos varía en función al contenido de agua o humedad que estos presenten.

El contenido de humedad (w%), expresado como un porcentaje del peso seco del suelo, modifica la consistencia de los suelos, los cuales pueden ir desde la fase sólido hasta la fase líquida, y los límites que determinan el contenido de humedad para el cambio de fase se denominan límites de atterberg. (Braja, 2015)

Figura 4. Límites de atterberg



Fuente: Ocon J. (2013)

El límite líquido indica el contenido de humedad mínimo para que el suelo se comporte como un fluido viscoso o alcance la fase líquida. (Ocon, 2013)

Según MTC (2016) para su determinación se utiliza la norma MTC E 110, la cual describe los procedimientos y equipos necesarios para realizar el ensayo de límite líquido en el laboratorio. Las fórmulas para su cálculo son las siguientes:

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

Donde:

N = Número de golpes requeridos para deslizar la muestra de suelo sobre la ranura para un contenido de humedad determinado

W^n = Contenido de humedad

K = Factor dado en la Tabla 3.

Tabla 7. Determinación del factor K

Número de golpes	K	Número de golpes	K
20	0.974	25	1.000
21	0.979	26	1.005
22	0.985	27	1.009
23	0.990	28	1.014
24	0.995	29	1.018
25	1.000	30	1.022

Fuente: MTC (2016)

Ensayo de límite plástico e índice de plasticidad

Límite plástico:

El límite plástico indica el contenido de humedad mínimo para que el suelo tenga un comportamiento plástico o alcance la fase plástica. (Ocon, 2013)

Según MTC (2016) para su determinación se utiliza la norma MTC E 111, la cual describe los procedimientos y equipos necesarios para realizar el ensayo de límite plástico en el laboratorio. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$LP = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco de la muestra de suelo}} \times 100$$

Índice de plasticidad:

El índice de plasticidad de un suelo se puede calcular como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico. (Quintana y Vera, 2017)

Según MTC (2016) para su determinación se puede utilizar la siguiente fórmula:

$$IP = LL - LP$$

Donde:

LL = Límite líquido

LP = Límite plástico

Figura 5. Ensayo para determinar el límite plástico



Fuente: Braja (2015)

Ensayo de contenido de humedad

Según MTC (2016) el contenido de humedad indica el peso del agua, en porcentaje, respecto al peso seco de la muestra del suelo, y para su determinación se utiliza la norma MTC E 108 que establece los procedimientos y equipos necesarios para el ensayo en laboratorio. La fórmula para su cálculo es la siguiente:

$$W = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso seco de la muestra de suelo}} \times 100$$

Donde:

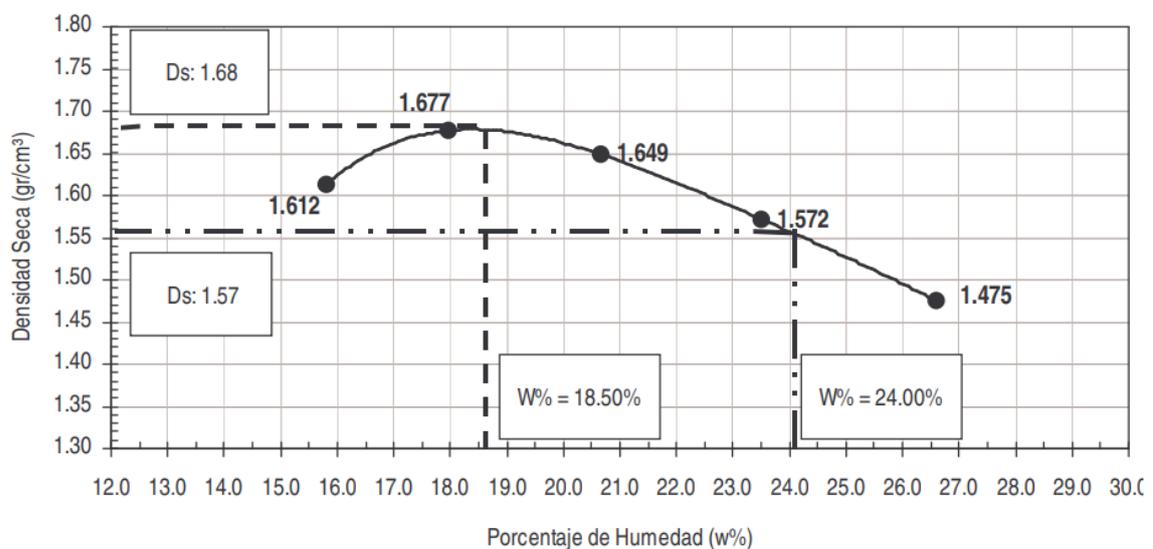
W = Contenido de humedad en %

Ensayo Proctor modificado

Mediante el ensayo Proctor modificado se pueden determinar las relaciones entre la humedad y la densidad seca del suelo, previa compactación del mismo, con la finalidad de hallar la MDS y OCH con ayuda de la curva Humedad-Densidad Seca. (INDECOPI, 1999)

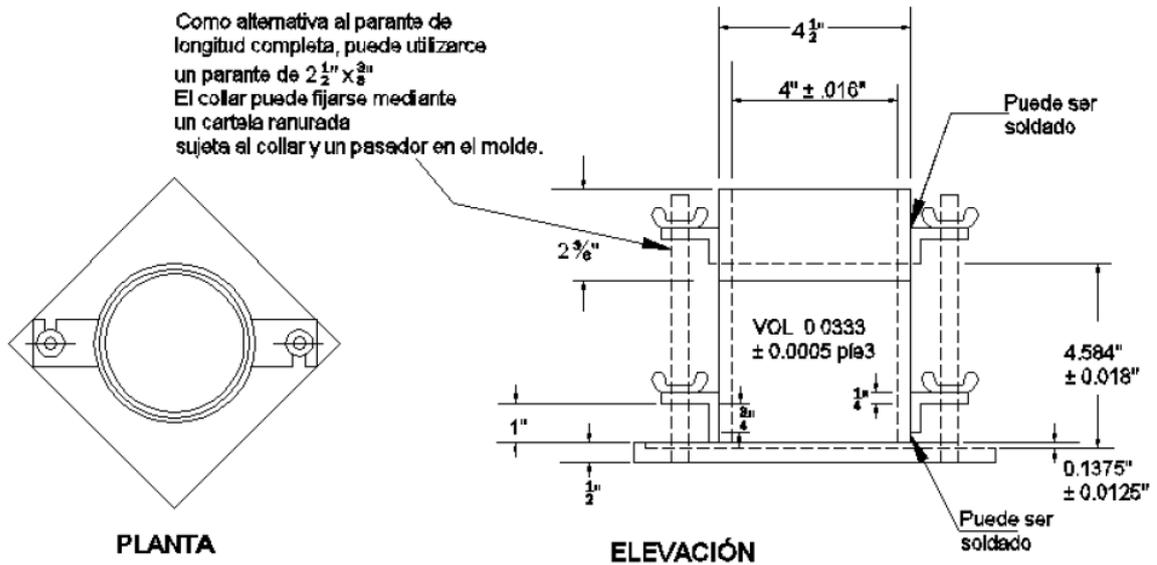
Según MTC (2016) la norma MTC E 115 describe los procedimientos y equipos necesarios para la realización de este ensayo en el laboratorio.

Figura 6. Ejemplo de la curva Humedad-Densidad Seca



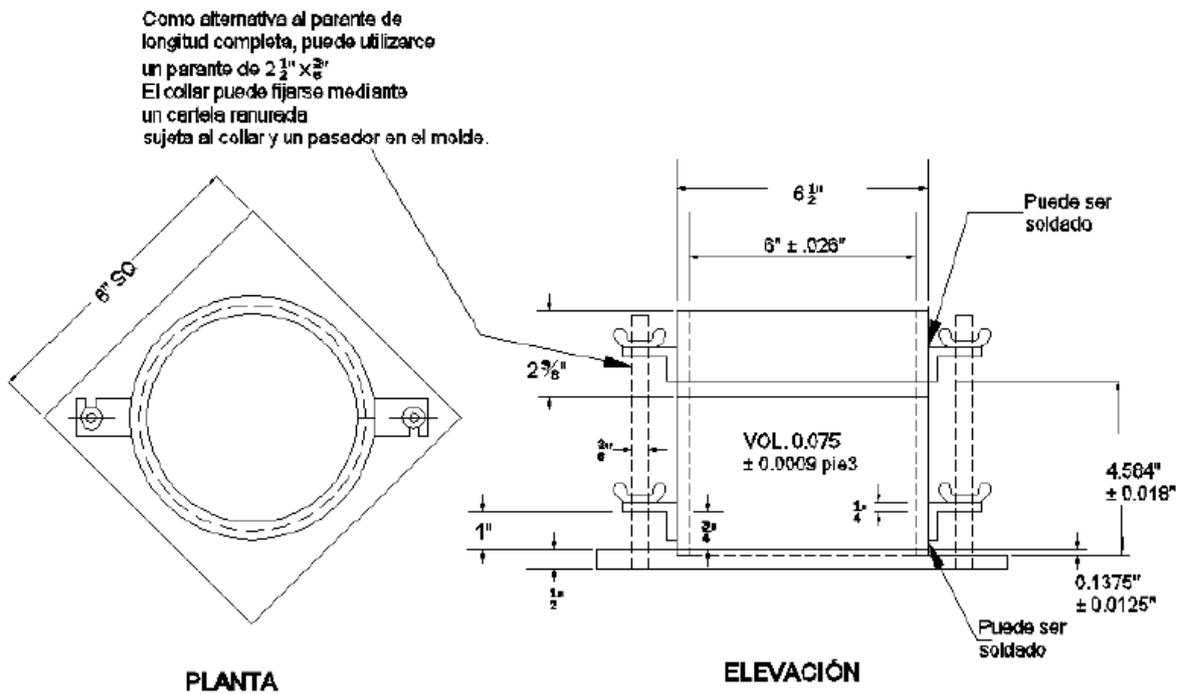
Fuente: Begliardo et al. (2019)

Figura 7. Molde cilíndrico de 4" para la compactación



Fuente: MTC (2016)

Figura 8. Molde cilíndrico de 6" para la compactación



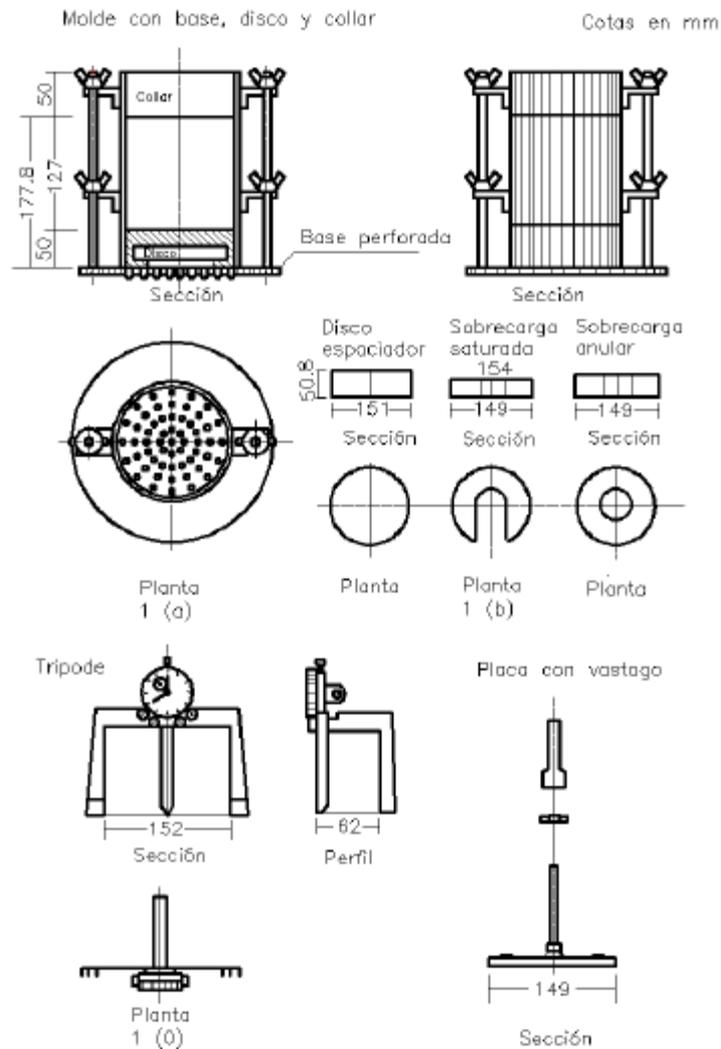
Fuente: MTC (2016)

Ensayo CBR

Conceptualmente el CBR de un suelo se define como la medida de su resistencia al ser sometido a un esfuerzo cortante bajo condiciones de humedad y densidad. (Nuñez, 2014)

Según MTC (2016) mediante el ensayo CBR se puede determinar el índice de resistencia de los suelos, también denominado valor de relación de soporte, considerando ciertas condiciones de humedad y compactación. La norma MTC E 132 describe los procedimientos y equipos necesarios para la realización de este ensayo en el laboratorio.

Figura 9. Equipo modificado para el ensayo de CBR



Fuente: MTC (2016)

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y diseño de investigación

Tipo de la investigación

Según Vargas (2009) la investigación aplicada tiene como característica principal asimilar los conocimientos teóricos para luego convertirlos en conocimientos prácticos con la finalidad de resolver problemas, mejorando de esta manera las condiciones de vida de la sociedad, además de generar nuevos conocimientos que tienen una aplicación directa a corto o mediano plazo.

En ese sentido la presente investigación es de tipo **aplicada** ya que utiliza los conocimientos que se tienen sobre los polímeros naturales, como el caso del aguamiel de cabuya, para mejorar la calidad del material para afirmado de la cantera Quillahuata.

Diseño de la investigación

Según Arias (2012) el diseño de la investigación consiste en una serie de pasos que el investigador debe seguir para poder responder al problema planteado, y si el diseño consiste en la manipulación y control de variables entonces el diseño de la investigación será experimental, el cual se clasifica en preexperimental, cuasi-experimental y experimental puro.

En los diseños cuasi-experimentales, al igual que en los experimentales puros, existe una manipulación de las variables independientes para observar su incidencia sobre las variables dependientes, sin embargo en el diseño cuasi-experimental el objeto de estudio no es elegido al azar sino de acuerdo al criterio del investigador. (Hernández et al., 2014, pág. 151)

De tal manera el diseño de la presente investigación es **cuasi-experimental** ya que el objeto de estudio, que es la cantera Quillahuata, fue elegido intencionalmente y los resultados obtenidos solo son válidos para el material de esta cantera.

3.2 Variables y operacionalización

Variable independiente: **Aguamiel de cabuya**

- D1: Dosificación respecto al peso seco del material de cantera para afirmado
 - ✓ I1: 0%
 - ✓ I2: 1%
 - ✓ I3: 2%
 - ✓ I4: 4%

Variable dependiente: **Propiedades mecánicas del material para afirmado**

- D1: Calidad del material de cantera para afirmado
 - ✓ I1: Granulometría (%)
 - ✓ I2: Límite líquido (%)
 - ✓ I3: Índice de plasticidad (%)
 - ✓ I4: Desgaste Los Ángeles (%)
 - ✓ I5: MDS (gr/cm³)
 - ✓ I6: OCH (%)
 - ✓ I7: CBR (%)
- D2: Propiedades mecánicas con incorporación de aguamiel de cabuya
 - ✓ I1: Máxima densidad seca (gr/cm³)
 - ✓ I2: CBR (%)

3.3 Población, muestra y muestreo

Población

Según Arias (2012) la población de estudio está conformada por todos aquellos elementos, ya sean finitos o infinitos, que comparten las mismas características y a los que se pueden extender las conclusiones obtenidas en la investigación.

Por lo tanto, la **población** considerada en la presente investigación estará conformada por el material para afirmado de la cantera Quillahuata.

Muestra

Según Arias (2012) la muestra esta conformada por una parte representativa de la población de estudio, es decir, la cantidad de elementos que conforman la muestra nos deben permitir generalizar los resultados obtenidos al resto de la población de estudio.

Por lo tanto la **muestra** de la presente investigación estará conformada por el material para afirmado extraído de la cantera M-1.

Muestreo

Según Arias (2012) la selección de la muestra se realiza mediante la aplicación de ciertos procedimientos que están determinados por el tipo de muestreo, donde el muestreo no probabilístico se caracteriza por ser un procedimiento de selección aleatorio.

En la presente investigación se decidió realizar la calicata M-1 en un lugar accesible para facilitar la extracción del material para afirmado de la cantera Quillahuata, por lo tanto el **muestro** fue no probabilístico.

3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según Arias (2012) las técnicas e instrumentos de recolección de datos son aquellos medios con los que cuenta el investigador para obtener toda la información requerida.

En la presente investigación se utilizaron fichas técnicas estandarizadas para la recolección de los datos obtenidos luego de realizar los siguientes ensayos en el laboratorio:

- Ensayo de contenido de humedad
- Ensayo granulométrico
- Ensayo de abrasión
- Ensayo de límites de atterberg
- Ensayo Proctor modificado
- Ensayo CBR

3.5. Procedimientos

- a) Se realizó la extracción del material para afirmado de la calicata M-1, según la recomendación del laboratorio donde se realizaron los ensayos. El material extraído pesaba aproximadamente 7000 gr.

- b) Se realizó la extracción del aguamiel de cabuya del tronco de la planta, y luego se dejó macerar durante un tiempo aproximado de 7 días para activar sus propiedades como estabilizante natural. (Benites, 2017)
- c) Se retiró una porción del material extraído para realizar los ensayos de granulometría, límites de atterberg, desgaste de Los Ángeles, Proctor modificado y CBR, y el material restante se utilizó para preparar las muestras con incorporación de aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%.
- d) Se ejecutaron los ensayos respectivos en el laboratorio ASET INGENIERIA SRL y los resultados obtenidos fueron resumidos tomando en cuenta los objetivos planteados.
- e) Finalmente se elaboraron las conclusiones.

3.6. Método de análisis de datos

Según Arias (2012) el método de análisis de datos consiste en la aplicación de diversas técnicas o procedimientos para decifrar lo que revelan los datos recolectados.

Los datos recolectados en la presente investigación fueron registrados y analizados utilizando el software Excel para determinar como se relacionan entre ellos.

3.7. Aspectos éticos

En la presente investigación se respetaron los lineamientos establecidos para la elaboración del informe de tesis, así mismo se tomaron en cuenta todas las recomendaciones dadas por el asesor, además cabe recalcar que durante todo el proceso siempre estuvieron presentes los principios y valores brindados por la Universidad César Vallejo en estos 6 meses de estudio.

Para la elaboración de la tesis se recopiló información de diversos autores, la cual fue interpretada por mi persona para un mejor entendimiento de la investigación y además los autores fueron citados correctamente, según la norma APA e ISO 690.

IV. RESULTADOS

4.1 Resultados de los ensayos para determinar la calidad - Muestra patrón

Contenido de Humedad

Se analizó la muestra extraída de la calicata M-1 para determinar la humedad natural promedio, según la norma MTC E 108.

Tabla 8. Resultado del ensayo de contenido de humedad

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra seca (gr)	71.22	73.87	77.69
Peso del agua (gr)	3.22	3.37	3.52
Humedad natural	4.54 %		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 8 se observó que la humedad natural promedio del material de la cantera Quillahuata era 4.54%.

Granulometría

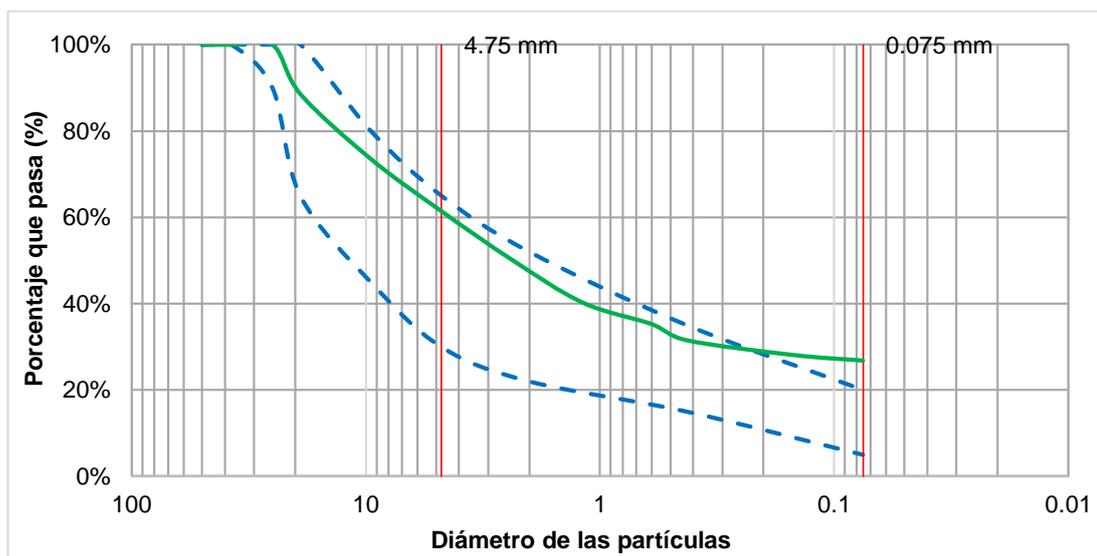
Se analizó la muestra extraída de la calicara M-1 para determinar su granulometría, según la norma MTC E 107.

Tabla 9. Resultado del ensayo granulométrico

Tamiz	Abertura	% Peso retenido acumulado	% Peso que pasa
1"	25 mm	0.00%	100.00%
3/4"	19 mm	11.44%	88.56%
3/8"	9.5 mm	26.48%	73.52%
N° 4	4.75 mm	38.57%	61.43%
N° 8	2.36 mm	49.92%	50.08%
N° 16	1.18 mm	59.79%	40.21%
N° 30	0.600 mm	64.76%	35.24%
N° 40	0.425 mm	68.51%	31.49%
N° 100	0.150 mm	71.90%	28.10%
N° 200	0.075 mm	73.22%	26.78%

Fuente: Elaboración propia

Figura 10. Curva granulométrica y límites de la gradación A-1



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 9 y la Figura 10 se observa que la granulometría del material de la cantera Quillahuata cumplía con la gradación A-1 para la fracción gruesa, según el Manual de Carreteras EG-2013, ya que el porcentaje de grava y arena era 38.57% y 34.75% respectivamente, sin embargo no cumplía para la fracción fina ya que el porcentaje de finos era 26.78% cuando lo máximo permitido es 20%.

Desgaste Los Ángeles

Se analizó la muestra extraída de la calicara M-1 para determinar el desgaste de las partículas gruesas al ser introducidas en la máquina Los Ángeles, según la norma MTC E 207.

Tabla 10. Resultado del ensayo de abrasión

Descripción	Muestra 1
Peso de las partículas gruesas antes del ensayo (gr)	5,001.00
Peso de las partículas gruesas después del ensayo (gr)	3,287.00
Pérdida de peso de las partículas gruesas (gr)	1,714.00
Desgaste Los Ángeles	34.27 %

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 10 se observa que el desgaste de las partículas gruesas del material de la cantera Quillahuata, luego de ser sometido a las fricciones junto con las esferas, resultó ser igual a 34.27%, por lo tanto cumple con lo establecido en el Manual de Carreteras EG-2013 ya que el desgaste Los Ángeles del material para afirmado debe ser como máximo 50%.

Límite líquido

Se analizó la muestra extraída de la calicata M-1 para determinar su límite líquido, según la norma MTC E 110.

Tabla 11. Resultado del ensayo de límite líquido

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4
Contenido de humedad	20.94%	20.49%	20.22%	20.03%
Número de golpes	15	21	26	30
Límite líquido	20.30 %			

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 10 se observa que el límite líquido del material de la cantera Quillahuata era 20.30%, por lo tanto cumple con lo establecido en el Manual de Carreteras EG-2013 ya que el límite líquido del material para afirmado debe ser como máximo 35%.

Índice de plasticidad

Se analizó la muestra extraída de la calicata M-1 para determinar su índice de plasticidad, según la norma MTC E 111.

Tabla 12. Resultado del ensayo de límite plástico

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Peso de la muestra seca (gr)	4.34	4.04	5.59
Peso del agua (gr)	0.69	0.61	0.86
Límite plástico	15.23 %		
Índice de plasticidad	5.07%		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 11 se observa que el índice de plasticidad del material de la cantera Quillahuata era 5.07%, obtenido de la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico, por lo tanto cumple con lo establecido en el Manual de Carreteras EG-2013 ya que el índice de plasticidad del material para afirmado debe ser como mínimo 4% y máximo 9%.

Relaciones humedad - densidad

Se analizó la muestra extraída de la calicata M-1 para determinar su máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad (OCH), según la norma MTC E 115.

Tabla 13. Resultado del ensayo Proctor modificado

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5
Densidad seca (gr/cm ³)	2.04	2.21	2.28	2.28	2.20
Contenido de humedad	0.17%	2.60%	4.31%	6.88%	9.06%
MDS					2.29 gr/cm³
OCH					5.67%

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 12 se observa que el OCH para alcanzar la máxima compactación era 5.67% y la MDS alcanzada por el material de la cantera Quillahuata luego de dicha compactación fue 2.29 gr/cm³.

Relación de soporte (CBR)

Se analizó la muestra extraída de la calicata M-1 para determinar su CBR, según la norma MTC E 132.

Tabla 14. Resultado del ensayo de CBR al 100% de la MDS

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Densidad seca (gr/cm ³)	2.30	2.20	2.14
CBR (penetración de 0.1")	42.11%	24.25%	11.59%
CBR (penetración de 0.2")	57.80%	32.28%	14.04%
CBR (0.1")	40.30%		

Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Tabla 13 se observa que el CBR a 0.1" alcanzado por el material de la cantera Quillahuata luego de su compactación resultó 40.30%, por lo tanto cumple con lo establecido en el Manual de Carreteras EG-2013 ya que el CBR del afirmado debe ser como mínimo 40%.

4.2 Resultados de los ensayos de compactación y de CBR - Muestras con incorporación de aguamiel de cabuya (AC)

Se analizará el material extraído de la calicata M-1 con incorporación del 1%, 2% y 4% de aguamiel de cabuya para determinar su MDS y su CBR, según la norma MTC E 132.

Máxima densidad seca (MDS)

Tabla 15. Resultado del ensayo de compactación – Muestra con 1% AC

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Nº de golpes por capa	55	26	12
Densidad seca (gr/cm ³)	2.33	2.19	2.09
MDS	2.33 gr/cm³		

Fuente: Elaboración propia

Tabla 16. Resultado del ensayo de compactación – Muestra con 2% AC

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Nº de golpes por capa	55	26	12
Densidad seca (gr/cm ³)	2.63	2.26	2.15
MDS	2.63 gr/cm³		

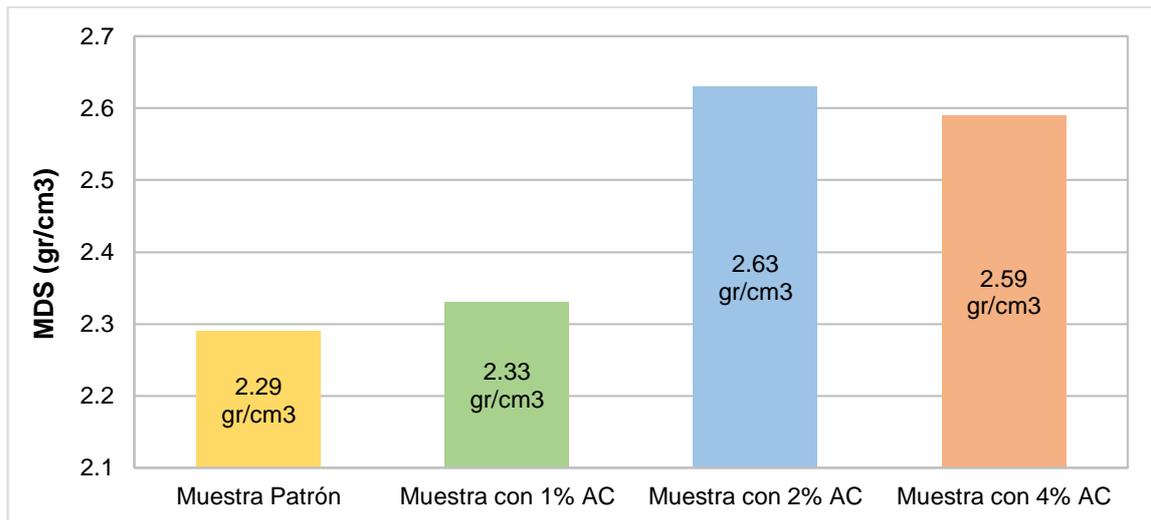
Fuente: Elaboración propia

Tabla 17. Resultado del ensayo de compactación – Muestra con 4% AC

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Nº de golpes por capa	55	26	12
Densidad seca (gr/cm ³)	2.59	2.30	2.11
MDS	2.59 gr/cm³		

Fuente: Elaboración propia

Figura 11. MDS de las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Figura 11 se observa que la MDS del material de la cantera Quillahuata mejoró en 1.7%, 14.8% y 13.1%, respecto a la muestra patrón, al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% respectivamente, ya que la MDS obtenida con porcentajes fue 2.33 gr/cm³, 2.63 gr/cm³ y 2.59 gr/cm³ respectivamente.

Relación de soporte (CBR)

Tabla 18. Resultado del ensayo de CBR – Muestra con 1% de aguamiel

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Densidad seca (gr/cm ³)	2.33	2.19	2.09
CBR (penetración de 0.1")	50.84%	24.05%	11.00%
CBR (penetración de 0.2")	61.82%	32.19%	11.26%
CBR (0.1")		50.84%	
CBR (0.2")		61.82%	

Fuente: Elaboración propia

Tabla 19. Resultado del ensayo de CBR – Muestra con 2% de aguamiel

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Densidad seca (gr/cm ³)	2.63	2.26	2.15
CBR (penetración de 0.1")	47.20%	25.92%	17.43%
CBR (penetración de 0.2")	77.61%	48.26%	37.58%
CBR (0.1")		47.20%	
CBR (0.2")		77.61%	

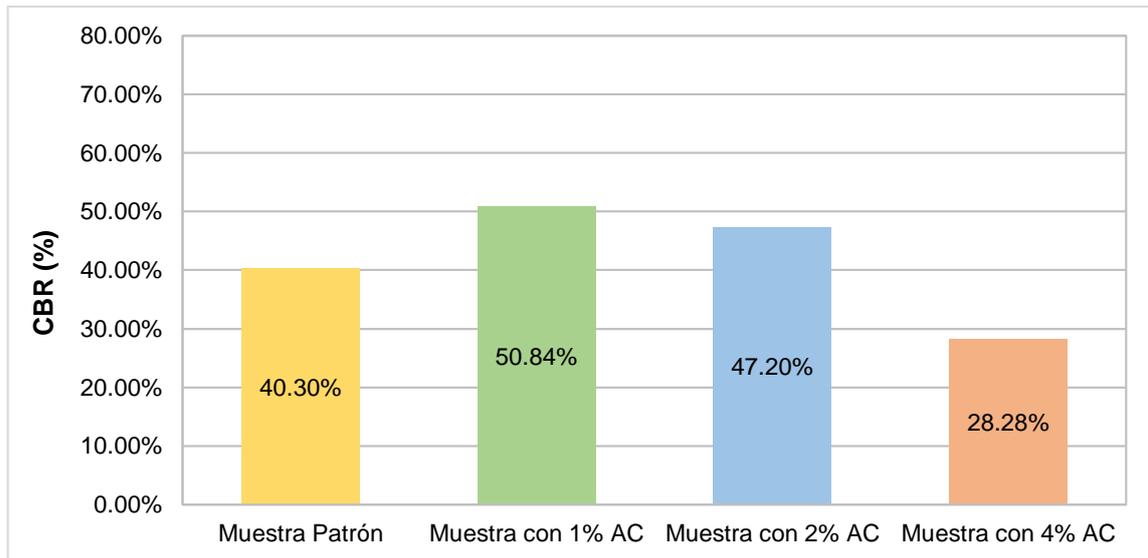
Fuente: Elaboración propia

Tabla 20. Resultado del ensayo de CBR – Muestra con 4% de aguamiel

Descripción	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Densidad seca (gr/cm ³)	2.59	2.30	2.11
CBR (penetración de 0.1")	28.28%	17.48%	7.17%
CBR (penetración de 0.2")	51.27%	29.48%	12.41%
CBR (0.1")	28.28%		
CBR (0.2")	51.27%		

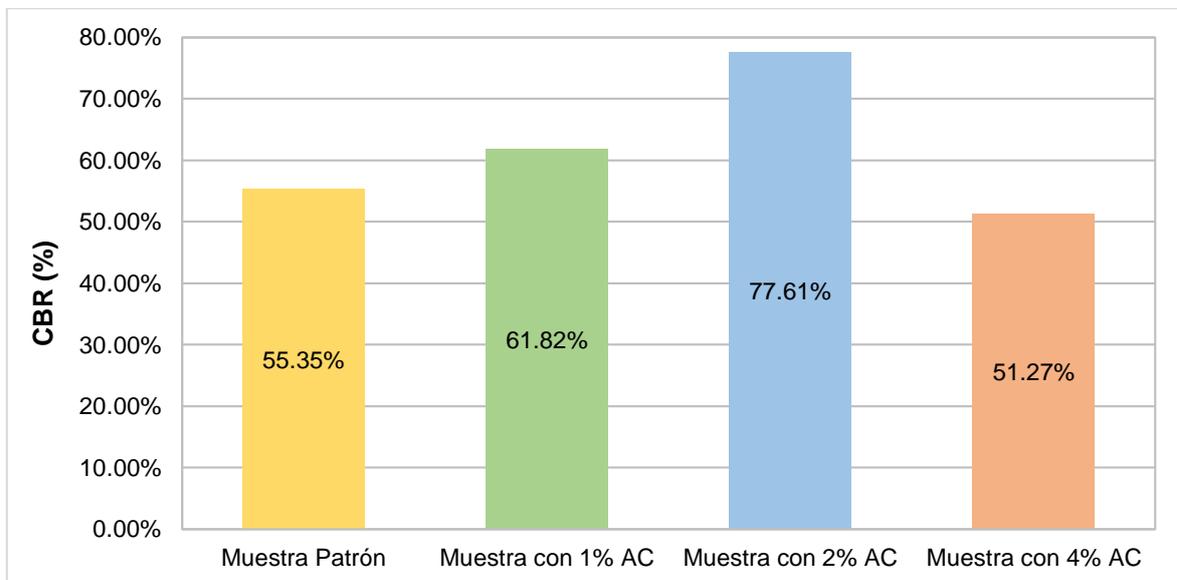
Fuente: Elaboración propia

Figura 12. CBR (0.1") de las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC



Fuente: Elaboración propia

Figura 13. CBR (0.2") de las muestras con 0%, 1%, 2% y 4% de AC



Fuente: Elaboración propia

Interpretación:

De la Figura 12 se observa que el CBR a 0.1" del material de la cantera Quillahuata mejoró en 26.2% y 17.1%, respecto a la muestra patrón, al incorporar aguamiel de cabuya en 1% y 2% respectivamente, ya que para estos porcentajes se obtuvo un CBR de 50.84% y 47.20% mientras que el CBR de la muestra patrón era 40.30%, sin embargo el CBR a 0.1" del material de la cantera Quillahuata con incorporación del 4% de aguamiel de cabuya fue menor al de la muestra patrón ya que para este porcentaje se obtuvo un CBR de 28.28%.

Así mismo, de la Figura 13 se observa que el CBR a 0.2" del material de la cantera Quillahuata mejoró en 11.7% y 40.2%, respecto a la muestra patrón, al incorporar aguamiel de cabuya en 1% y 2% respectivamente, ya que para estos porcentajes se obtuvo un CBR de 61.82% y 77.61% mientras que el CBR de la muestra patrón era 55.35%. sin embargo el CBR a 0.2" del material de la cantera Quillahuata con incorporación del 4% de aguamiel de cabuya fue menor al de la muestra patrón ya que para este porcentaje se obtuvo un CBR de 51.27%.

V. DISCUSIÓN

En este apartado se presenta el análisis de los resultados de investigaciones relacionadas al tema (antecedentes) para constatarlos con los resultados obtenidos en la presente investigación.

OE1: Determinar en qué medida el material para afirmado cumple con los requisitos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013.

Quevedo (2020) en su investigación titulada *“Influencia del jugo de saccharum officinarum en el afirmado del tipo procesado en los suelos para infraestructuras viales, Moyobamba, 2020”* estudiaron el material de la cantera Gárate para determinar si cumplía con los requisitos de calidad para su utilización como material de afirmado, según el Manual de Carreteras EG-2013, obteniendo como resultado que su contenido de humedad era 3.36%, su granulometría se encontraba dentro de la gradación A-1, el desgaste de sus partículas gruesas al ser introducidas en la máquina Los Ángeles era 49.61%, su límite líquido era 11.8%, su MDS era 2.29 gr/cm³ y su CBR al 100% de la MDS a 0.1” era 71%, es decir, el material de la cantera Gárate era apto para ser utilizado como material de afirmado ya que tenía un porcentaje adecuado de gravas (56.9%), arena (40.2%) y finos (2.9%), un desgaste Los Ángeles menor al 50%, un límite líquido menor al 35% y un CBR al 100% de la MDS a 0.1” mayor al 40%.

En la presente investigación se realizaron los ensayos correspondientes para determinar si el material de la cantera Quillahuata cumplía con los requisitos para ser utilizado como afirmado, según el Manual de Carreteras EG-2013, obteniendo como resultado que su contenido de humedad era 4.54%, su granulometría se encontraba dentro de la gradación A-1, el desgaste de sus partículas gruesas al ser introducidas en la máquina Los Ángeles era 34.27%, su límite líquido era 20.30%, su índice de plasticidad era 5.07%, su máxima densidad seca (MDS) era 2.284 gr/cm³ y su CBR al 100% de la MDS con una penetración de 0.1” era 40.30%, es decir, el material de la cantera Quillahuato era apto para ser utilizado como material de afirmado ya que tenía un porcentaje adecuado de gravas (38.57%), arena (34.75%) y finos (26.78%), un desgaste Los Ángeles menor al 50%, un límite líquido

menor al 35%, un índice de plasticidad mayor al 4% y menor al 9% y un CBR al 100% de la MDS a 0.1" mayor al 40%.

Por lo tanto, al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Quevedo se evidenció que en ambas investigaciones los materiales para afirmado, obtenidos de las canteras Gárate y Quillahuata, cumplen con los requerimientos mínimos para su utilización como material de afirmado.

OE2: Determinar la máxima densidad seca del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%

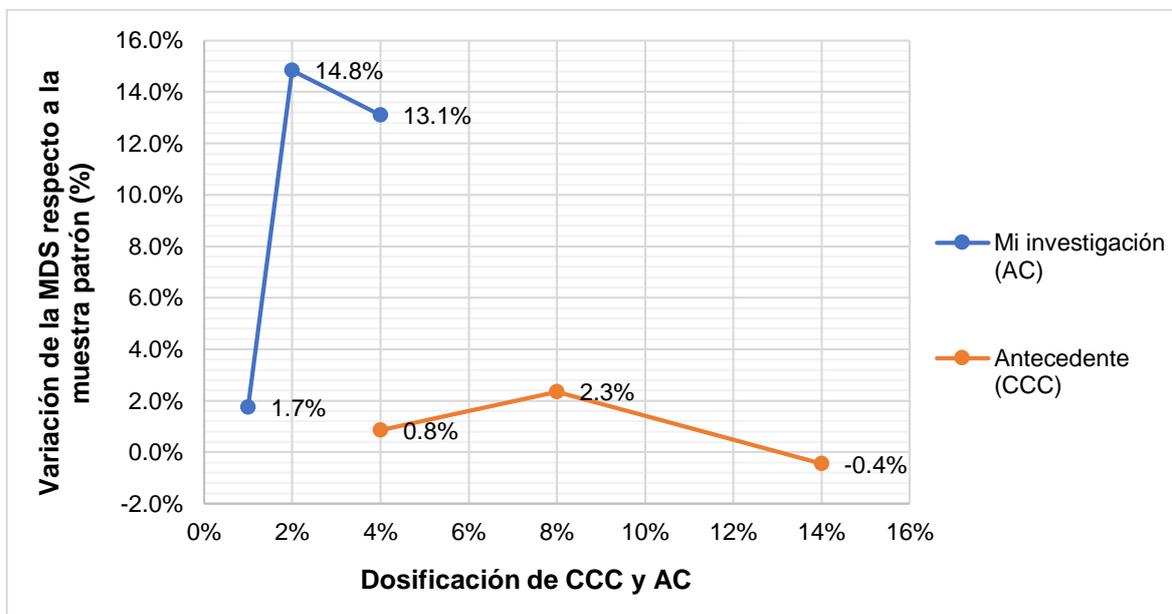
Rojas, Gutierrez y Vargas (2020) en su investigación titulada *“Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías”* estudiaron el suelo recolectado en el corregimiento de Gualanday mediante el ensayo Próctor modificado y determinaron que este alcanzaba una máxima densidad seca (MDS) igual a 2.003 gr/cm³ luego de su compactación, y al incluir ceniza de cascarilla de café (CCC) en 4%, 8% y 14% el suelo alcanzaba una MDS de 2.020 gr/cm³, 2.050 gr/cm³ y 1.994 gr/cm³ respectivamente, es decir, al analizar la MDS se observó que al incorporar CCC en 4% y 8% el suelo del corregimiento de Gualanday mejoraba su MDS, respecto a la muestra patrón, en 0.8% y 2.3% respectivamente, mientras que al incluir CCC en 14% su MDS disminuía en 0.4%.

En la presente investigación se realizaron los ensayos correspondientes para determinar la máxima densidad seca (MDS) del material de la cantera Quillahuata, obteniendo como resultado para la muestra patrón una MDS igual a 2.29 gr/cm³ y para las muestras con incorporación del 1%, 2% y 4% de AC se obtuvo una MDS igual a 2.33 gr/cm³, 2.63 gr/cm³ y 2.59 gr/cm³ respectivamente, es decir, al analizar la MDS se observó que al incorporar AC en 1%, 2% y 4% el material de la cantera Quillahuata mejoraba en 1.7%, 14.8% y 13.1% respectivamente, respecto a la muestra patrón.

Por lo tanto, al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Rojas, Gutierrez y Vargas se evidenció que en ambas investigaciones existe un mejoramiento de la máxima densidad seca (MDS) del material para afirmado, respecto a la muestra patrón, al utilizar ceniza de cascarilla de café (CCC) y aguamiel de cabuya (AC),

especialmente con este último ya que la MDS del material de la cantera Quillahuata mejoraba en 14.8% para la dosificación óptima, mientras que la MDS del suelo del corregimiento de Gualanday mejoraba en 2.3% para su dosificación óptima.

Figura 14. Discusión de los resultados de la MDS



Fuente: Elaboración propia

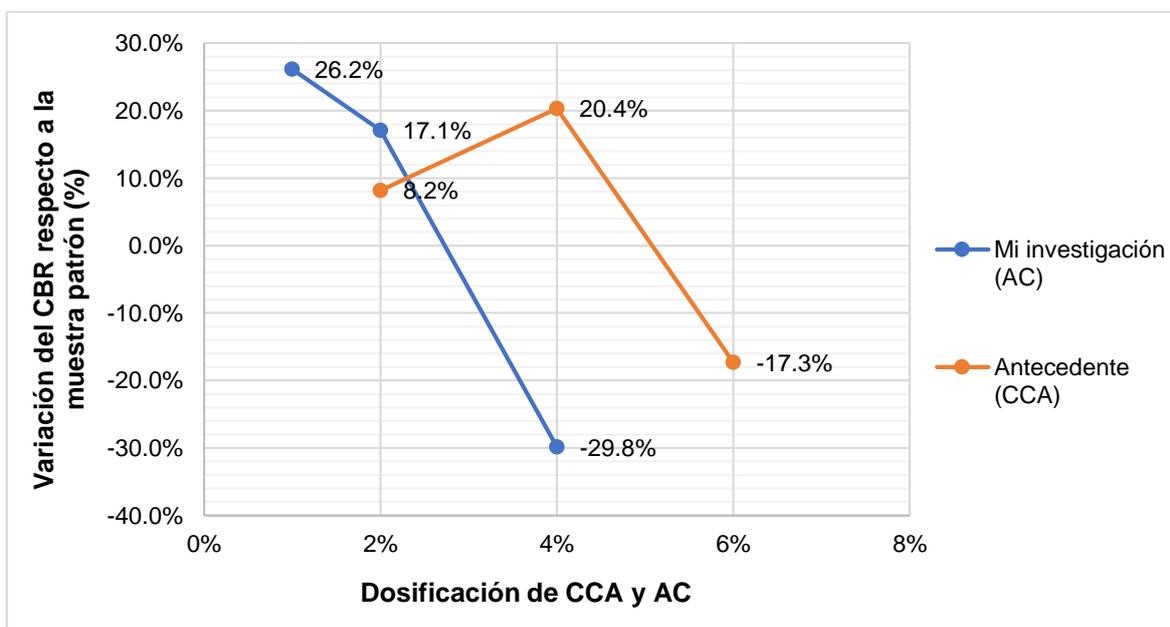
OE3: Determinar el CBR del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%

Guerrero y Vergara (2021) en su investigación titulada “*Incorporación de ceniza de cascara de arroz para incrementar el CBR en el afirmado, Jaén 2021*” estudiaron el material de la cantera del distrito de Jaén y determinaron que su CBR al 100% de la MDS a 0.1” era 63.91% y a 0.2” era 70.24%, y al incorporar ceniza de cáscara de arroz (CCA) en 2%, 4% y 6% el material alcanzaba un CBR al 100% MDS a 0.1” igual a 69.16%, 76.92% y 52.83% respectivamente, y a 0.2” igual a 72.07%, 89.21% y 68.67% respectivamente, es decir, al analizar el CBR a 0.1” se observó que al incorporar CCA en 2% y 4% el material de cantera mejoraba en 8.2% y 20.4% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar CCA en 8% disminuía en 17.3%, y al analizar el CBR a 0.2” se observó que al incorporar CCA en 2% y 4% mejoraba en 2.6% y 27.0% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar CCA en 8% disminuía en 2.2%.

En la presente investigación se realizaron los ensayos correspondientes para determinar el CBR del material de la cantera Quillahuata, obteniendo como resultado para la muestra patrón un CBR al 100% de la MDS a 0.1" igual 40.30% y a 0.2" igual a 55.35%, y al incorporar aguamiel de cabuya (AC) en 1%, 2% y 4% se obtuvo un CBR al 100% MDS a 0.1" igual a 50.84%, 47.20% y 28.28% respectivamente, y a 0.2" igual a 61.82%, 77.61% y 51.27% respectivamente, es decir, al analizar el CBR a 0.1" se observó que al incorporar AC en 1% y 2% el material de la cantera Quillahuata mejoraba en 26.2% y 17.1% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar AC en 4% disminuía en 29.8%, y al analizar el CBR a 0.2" se observó que al incorporar AC en 1% y 2% mejoraba en 11.7% y 40.2% respectivamente, respecto a la muestra patrón, mientras que al incorporar AC en 4% disminuía en 7.4%.

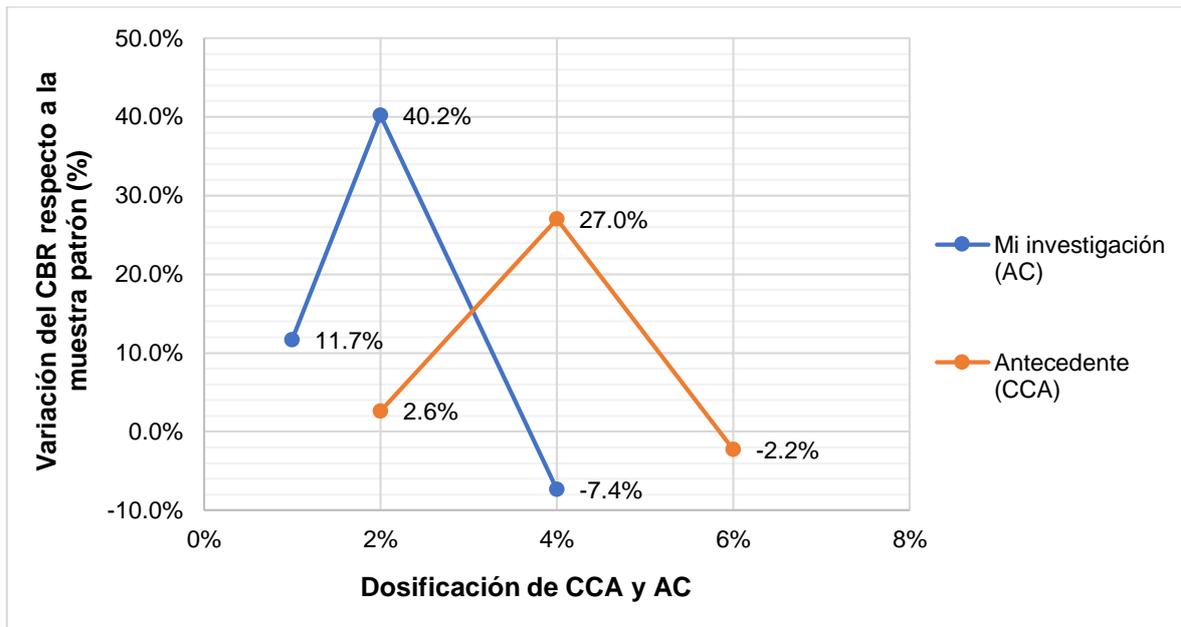
Por lo tanto, al comparar nuestros resultados con los obtenidos por Guerrero y Vergara se evidenció que en ambas investigaciones existe un mejoramiento del CBR del material para afirmado, respecto a la muestra patrón, al utilizar ceniza de cáscara de arroz (CCA) y aguamiel de cabuya (AC), especialmente con este último ya que el CBR del material de la cantera Quillahuata mejoraba en 40.2% para la dosificación óptima, mientras que el CBR del material de la cantera del distrito de Jaén mejoraba en 27.0% para su dosificación óptima.

Figura 15. Discusión de los resultados del CBR a 0.1"



Fuente: Elaboración propia

Figura 16. Discusión de los resultados del CBR a 0.2”



Fuente: Elaboración propia

VI. CONCLUSIONES

En la presente investigación se determinó que las propiedades mecánicas del material para afirmado de la cantera Quillahuata mejoraban significativamente al incorporar aguamiel de cabuya en 1% y 2%, obteniéndose mejores resultados con una dosificación óptima del 2%.

1. De los ensayos se determinó que el material de la cantera Quillahuata cumplía con los requerimientos mínimos para su utilización como material de afirmado, según el Manual de Carreteras EG-2013, ya que su porcentaje de gravas (38.57%) y arena (34.75%) se encontraba dentro de los límites de la gradación A-1, el desgaste Los Ángeles de su partículas gruesas era 34.27%, su límite líquido era 20.30%, su índice de plasticidad era 5.07% y su CBR al 100% de la MDS a 0.1" era 40.30%.
2. De los ensayos de compactación se determinó que la MDS del material para afirmado era igual 2.29 gr/cm³, y al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% era igual a 2.33gr/cm³, 2.63 gr/cm³ y 2.59 gr/cm³ respectivamente, observándose un mayor incremento de la MDS, respecto a la muestra patrón, con una dosificación del 2%.
3. De los ensayos se determinó que el material para afirmado tenía un CBR al 100% de la MDS a 0.1" igual a 40.30% y a 0.2" igual a 55.35%, y al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% su CBR al 100% de la MDS a 0.1" era igual a 50.84%, 47.20% y 28.28% respectivamente, y a 0.2" era igual a 61.82%, 77.61% y 51.27% respectivamente, observándose un mayor incremento del CBR, respecto a la muestra patrón, con una dosificación del 2%.

VII. RECOMENDACIONES

- Utilizar una mayor cantidad de dosificaciones para determinar el óptimo porcentaje de aguamiel de cabuya que se le debe incorporar al material para afirmado de la cantera Quillahuata con la intención de obtener un CBR máximo.
- Tomar muestras de 3 calicatas distintas para obtener mejores resultados al promediar el contenido de humedad natural, granulometría, desgaste Los Ángeles, límite líquido, índice de plasticidad y CBR del material para afirmado de la cantera Quillahuata.
- Determinar la influencia del aguamiel de cabuya sobre las propiedades físicas del material para afirmado de la cantera Quillahuata, como el límite líquido o el índice de plasticidad.
- Determinar la expansión del material para afirmado de la cantera Quillahuata debido a que contiene una cantidad considerable de finos.

REFERENCIAS

- Álvarez Velandia, J. P., Copete Lozano, S., Ordóñez Castillo, D. C., & López Díaz, V. A. (2020). *Caracterización de acuerdo a las propiedades físicas y mecánicas de los materiales pétreos empleados para elaboración de concretos para pavimentos rígidos en el municipio de Girardot y poblaciones circunvecinas*. Cundinamarca, Colombia: Corporación Universitaria Minuto de Dios.
- Arias Odón, F. (2012). *El Proyecto de Investigación. Introducción a la metodología científica* (6 ed.). Caracas, Venezuela: Episteme.
- Ávila, E., Albarracín, F., & Bojorque, J. (2015). Evaluación de pavimentos en base a métodos no destructivos y análisis inverso. *Maskana*, Vol. 6(1), pág. 149-167. doi:<https://doi.org/10.18537/mskn.06.01.11>
- Barrantes Vega, W. A. (2013). Efecto de la concentración de sólidos solubles de Aguamiel de cabuya (*Furcraea andina*) en las características sensoriales de una bebida destilada tipo tequila blanco. *Cientifi-K*, Vol. 1(1), pág. 47-61.
- Bautista Cruz, N. (2006). *Estudio químico-bromatológico y elaboración de néctar de aguamiel de Agave americana L. (maguey) procedente de Ayacucho*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Benites Zapata, V. B. (2017). *Adobe estabilizado con extracto de cabuya (Furcraea andina)*. Piura, Perú: Universidad de Piura.
- Braja M, D. (2015). *Fundamentos de ingeniería geotécnica* (4 ed.). Ciudad de México, México: Cengage Learnign.
- Carvajal Ortégón, N. A., Rincón Plazas, D. A., & Zarate Ramírez, J. G. (2018). *Mejoramiento del material de afirmado de la cantera La Esmeralda mediante la inclusión de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros*. Ibagué, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cervantes Meneses, L. G., & Cuya Inga, S. (2015). *Elaboración de miel de cabuya y estudio de prefactibilidad de una planta en el distrito de Huanca Huanca, provincia de Angaraes, departamento de Huancavelica*. Lima, Perú: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

- Claveria Vasquez, P. A., Triana Mendoza, D. F., & Varon Ospina, Y. A. (2018). *Caracterización del comportamiento geotécnico de los suelos de origen volcánico estabilizado con ceniza de arroz y bagazo de caña como material para subrasante*. Ibagué: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Cuellar Carlos, K. E., & Marcos Rosas, D. L. (2019). *Obtención de una bebida alcohólica a partir del aguamiel de cabuya negra (Agave americana L.) y cabuya blanca (Furcraea andina) aromatizada con cedrón (Aloysia citriodora) y toronjil (Melissa officinalis)*. Huánuco, Perú: Universidad Nacional Hermilio Valdizán.
- Guerrero Estela, J. R., & Vergara Becerra, E. (2021). *Incorporación de ceniza de cascara de arroz para incrementar el CBR en el afirmado, Jaén 2021*. Moyobamba, Perú: Universidad César Vallejo.
- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Ciudad de México, México: McGraw-Hill.
- Iannacone, J., La Torre, M. I., Alvariño, L., Cepeda, C., Ayala, H., & Argota, G. (2013). Toxicidad de los bioplaguicidas *Agave americana*, *Furcraea andina* (Asparagaceae) y *Sapindus saponaria* (Sapindaceae) en el caracol invasor *Melanoides tuberculata* (Thiaridae). *Neotropical Helminthology*, Vol. 7(2), pág. 231-241.
- INDECOPI. (1999). *NTP 339.128 - Suelos. Método de ensayo para el análisis granulométrico*. Lima, Perú: El Peruano.
- INDECOPI. (1999). *NTP 339.141 - Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 kN-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³))*. Lima, Perú: El Peruano.
- INDECOPI. (1999). *NTP 339.145 - Suelos. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio*. Lima, Perú: El Peruano.
- INDECOPI. (2001). *NTP 400.012 - Agregados. Análisis granulométrico del agregado fino, grueso y global*. Lima, Perú: El Peruano.

- INDECOPI. (2002). *NTP 400.018 - Agregados. Método de ensayo normalizado para determinar materiales más finos que pasan por el tamiz normalizado 75 μ m (N° 200) por lavado en agregados*. Lima, Perú: El Peruano.
- INDECOPI. (2002). *NTP 400.019 - Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por abrasión e impacto en la máquina de Los Ángeles*. Lima, Perú: El Peruano.
- INDECOPI. (2014). *NTP 339.129 - Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. Lima, Perú: El Peruano.
- Jave Arteaga, J. A. (2020). *Propiedades físico-mecánicas de material para afirmado de la cantera El Gavilán con la adición de poliuretano en 2%, 4% y 6%*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Jurado López, S. E., & Sarzosa Pazmiño, X. S. (2009). *Estudio de la cadena agroindustrial de la cabuya en la producción de miel y licor de la cabuya*. Quito, Ecuador: Escuela Politécnica Nacional.
- Mayón Huanachín, M. (2015). *Evaluación de la actividad antioxidante a diferentes tiempos de pasteurización del aguamiel de Cabuya (Agave americana L.) en la provincia de Acobamba - Huancavelica*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Ministerio de Economía y Finanzas. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública en carreteras*. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2013). *Manual de carreteras. Especificaciones técnicas generales para construcción*. Lima, Perú: El Peruano.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras. Suelos geologías, geotécnica y pavimentos. Sección suelos y pavimentos*. Lima, Perú: El Peruano.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de ensayo de materiales*. Lima, Perú: El Peruano.
- Morales Cárdenas, P. J., Chávez Arévalo, O., & López Poveda, L. (2009). *Efectos de la alta compactación de la capa de base en pavimentos flexibles*. Managua, Nicaragua.
- Nina Gálvez, M. (2019). *Influencia de la incorporación de tres niveles de cal (2%, 4% y 6%) en la capacidad portante del suelo de la cantera Mashcón*. Cajamarca, Perú: Universidad Privada del Norte.
- Núñez Álvarez, J. (2014). *Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas*. Lima, Perú: Universidad de Piura.
- Ocon Infante, J. (2013). *Influencia del índice de plasticidad en el contenido óptimo de humedad en suelos arcillosos*. Cajamarca, Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Pillajo Lema, J. (2015). *Estudio de la fermentación del aguamiel de la penca (Agave americana L.) para la obtención de un bebida alcohólica fermentada*. Quito, Ecuador: Universidad Tecnológica Equinoccial.
- Pino Infante, G. (2006). Estado actual de las Suculentas en el Perú. *Zonas áridas*, Vol. 10(1), pág. 155-173.
- Quevedo Sánchez, K. A. (2020). *Influencia del jugo de saccharum officinarum en el afirmado del tipo procesado en los suelos para infraestructuras viales, Moyobamba, 2020*. Moyobamba, Perú: Universidad César Vallejo.
- Quintana Choqueluque, D. L., & Vera Salizar, M. O. (2017). *Evaluación de la erosión y la resistencia a compresión de adobes con sustitución parcial y total de agua en peso por mucílago de tuna en porcentajes del 0%, 25%, 50% y 100%*. Cusco, Perú: Universidad Andina del Cusco.

- Ríos Pérez, E. Y. (2010). *Efecto de la adición de látex natural y jabón en la resistencia mecánica y absorción del adobe compactado*. Oaxaca, México: Instituto Politécnico Nacional.
- Rojas Marulanda, J. R., Gutierrez, Y. M., & Vargas, Y. E. (2020). *Estabilización de afirmado con ceniza proveniente de desechos de cascarilla de café para aplicar en suelos de construcción de vías*. Ibagué, Colombia: Universidad Cooperativa de Colombia.
- Romero Figueroa, C. D. (2018). *Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018*. Nuevo Chimbote, Perú: Universidad César Vallejo.
- Simona Fontoul. (2004). *Evaluación estructural de pavimentos flexibles usando pruebas no destructivas*. Lisboa, Portugal: Universidad de Coimbra.
- Suclar, E., & Paucara, J. (2018). Implicancias en el uso del “maguey” (Agave americana L) y la “cabuya” (Furcraea occidentalis T) desde el horizonte tardío (inca): un continuo relacional enmarcado a partir del enfoque etnobotánico e histórico. *Ciencia y Desarrollo*, Vol. 21(1), pág. 57-68.
- Toirac Corral, J. (2012). Caracterización granulométrica de las plantas productoras de arena en la República Dominicana, su impacto en la calidad y costo del hormigón. *Ciencia y Sociedad*, Vol. 37(3), pág. 293-334.
- Tomasini, G. A., Olivero, F. M., & Begliardo, H. F. (2000). *Diseño racional de ladrillos de suelo-cemento y análisis para su utilización en viviendas económicas de interés social*. Rafaela, Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.
- Vargas Cordero, Z. R. (2009). La investigación científica: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Vol. 33(1)*, pág. 155-165.

ANEXOS

ANEXO 1: Declaratoria de autenticidad (autores)

ANEXO 2: Declaratoria de autenticidad (asesor)

ANEXO 3: Matriz de operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p>Variable independiente:</p> <p>Aguamiel de cabuya</p>	<p>Es un líquido que se obtiene de la exudación del tronco de la Cabuya, que se caracteriza por tener un sabor dulce agradable, de olor característico y su color varía de blanco tenue a amarillo claro. (Mayón, 2015)</p>	<p>La dosificación del aguamiel de cabuya se realizó utilizando una balanza de medición, de tal manera que la incorporación de aguamiel de cabuya, respecto al peso seco de las muestras, se dio en los siguiente porcentajes: 0%, 1%, 2% y 4%.</p>	<p>D1: Dosificación respecto al peso seco del material de cantera para afirmado</p>	I1: 0%	<p>De razón</p>
				I2: 1%	
				I3: 2%	
				I4: 4%	
<p>Variable dependiente:</p> <p>Propiedades mecánicas del material para afirmado</p>	<p>Las características o propiedades mecánicas de los agregados y que son de interés para la construcción de carreteras de afirmado es el valor de soporte o CBR. (Romero Figueroa, 2018)</p>	<p>Se realizaron los ensayos correspondientes para determinar si el material de la cantera Quillahuata cumplía con los requerimientos mínimos para su utilización como material de afirmado, luego se incorporó aguamiel de cabuya a las muestras, en 1%, 2% y 4%, para determinar la máxima densidad seca y el CBR del material con estas dosificaciones.</p>	<p>D1: Calidad del material de cantera para afirmado</p>	I1: Distribución granulométrica (%)	<p>De razón</p>
				I2: Límites líquido (%)	
				I3: Índice de plasticidad (%)	
				I4: Desgaste Los Ángeles (%)	
				I5: MDS (gr/cm ³)	
				I6: OCH (%)	
				I7: CBR (%)	
			<p>D2: Propiedades mecánicas con incorporación de aguamiel de cabuya</p>	I1: Máxima densidad seca (gr/cm ³)	
				I2: CBR (%)	

ANEXO 4: Matriz de consistencia

Problema General	Objetivo General	Hipótesis general	Variable Independiente	Dimensión	Indicador
¿Cuál es la influencia del aguamiel de cabuya en las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, 2022?	Determinar la influencia del aguamiel de cabuya en las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, 2022	La incorporación de aguamiel de cabuya mejorará las propiedades mecánicas del material para afirmado, San Jerónimo, 2022	Aguamiel de cabuya	D1: Dosificación respecto al peso seco del material de cantera para afirmado	I1: 0%
					I2: 1%
					I3: 2%
					I4: 4%
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicos	Variable Dependiente	Dimensión	Indicador
¿En qué medida el material para afirmado cumple con los requisitos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013?	Determinar en qué medida el material para afirmado cumple con los requisitos de calidad establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013	El material para afirmado cumple con los requisitos de calidad mínimos establecidos en el Manual de Carreteras EG-2013	Propiedades mecánicas del material para afirmado	D1: Calidad del material de cantera para afirmado	I1: Granulometría (%)
					I2: Límite líquido (%)
					I3: Índice de plasticidad (%)
					I4: Desgaste Los Ángeles (%)
¿Cuál es la máxima densidad seca del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%?	Determinar la máxima densidad seca del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%	La incorporación de aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% mejorará la máxima densidad seca del material para afirmado	Propiedades mecánicas del material para afirmado	D1: Calidad del material de cantera para afirmado	I5: MDS (gr/cm ³)
					I6: OCH (%)
					I7: CBR (%)
¿Cuál es el CBR del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%?	Determinar el CBR del material para afirmado al incorporar aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4%	La incorporación de aguamiel de cabuya en 1%, 2% y 4% mejorará el CBR del material para afirmado	Propiedades mecánicas del material para afirmado	D2: Propiedades mecánicas con incorporación de aguamiel de cabuya	I1: Máxima densidad seca (gr/cm ³)
					I2: CBR (%)

ANEXO 5: Ensayos de laboratorio



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +61974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

Muestra: CANTERA QUILLAHUATA

N° de Muestra:

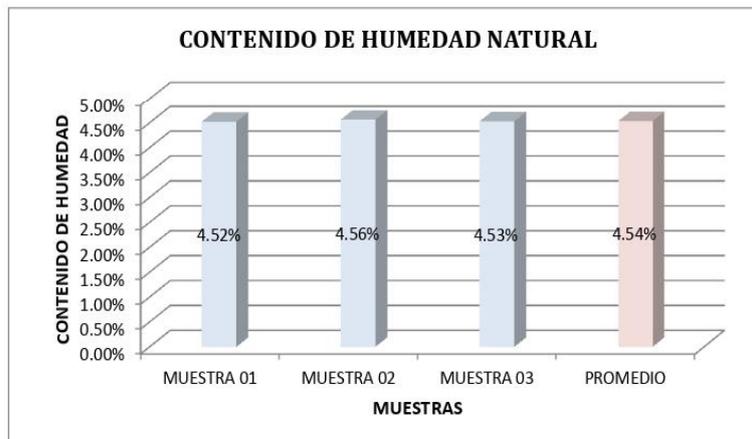
M-01

Fecha: ABRIL - 2022

CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL

MTC E 108 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-2216

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Capsula N°	50	49	48
Peso de Capsula (gr)	21.47	17.16	20.36
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	95.91	94.40	101.57
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	92.69	91.03	98.05
Peso del Agua (gr)	3.22	3.37	3.52
Peso de la Muestra Seca (gr)	71.22	73.87	77.69
Contenido de Humedad	4.52%	4.56%	4.53%



CONTENIDO DE HUMEDAD NATURAL = 4.54%

ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
CIP. 15772
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: M-01

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

MTC E 107 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-422 y AASHTO T-88

Antes del lavado
 Peso de la Muestra Seca = 1553.00 gr

Después del lavado
 Peso de la Muestra Seca = 848.24 gr
 % de Error en Peso = -34.19%

Mal

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PESO QUE RETENIDO (gr)	PESO QUE PASA (gr)	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA
4"	100	0.00	1553.00	0.00%	0.00%	100.00%
3"	75	0.00	1553.00	0.00%	0.00%	100.00%
2"	50	0.00	1553.00	0.00%	0.00%	100.00%
1½"	37.5	0.00	1553.00	0.00%	0.00%	100.00%
1"	25	0.00	1553.00	0.00%	0.00%	100.00%
¾"	19	177.86	1375.35	11.44%	11.44%	88.56%
⅜"	9.5	288.51	1141.84	15.04%	26.48%	73.52%
Nº 4	4.75	187.84	954.00	12.10%	38.57%	61.43%
Nº 8	2.36	176.22	777.78	11.35%	49.92%	50.08%
Nº 16	1.180	159.36	624.42	9.88%	59.79%	40.21%
Nº 30	0.600	77.15	547.27	4.97%	64.76%	35.24%
Nº 40	0.425	58.21	489.06	3.75%	68.51%	31.49%
Nº 100	0.150	50.60	436.44	3.39%	71.90%	28.10%
Nº 200	0.075	20.50	415.94	1.32%	73.22%	26.78%
Cazuela	-	1.18	-	0.08%	73.29%	-
Lavado	-	704.76	-	26.71%	100.00%	-

Total Fracción Retenida en Lavado = **1138.24**

100.00%

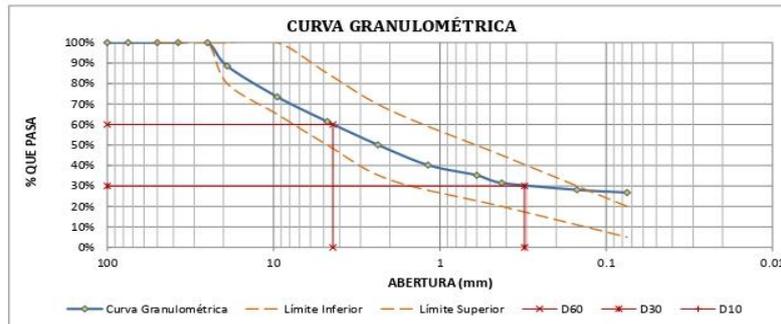
Gradación: A-2

TAMIZ Nº	LIM. INFERIOR	LIM. SUPERIOR
2" (50 mm)	100%	100%
1½" (37.5 mm)	100%	100%
1" (25 mm)	100%	100%
¾" (19 mm)	80%	100%
⅜" (9.5 mm)	65%	100%
Nº 4 (4.75 mm)	50%	85%
Nº 10 (2 mm)	33%	67%
Nº 40 (0.425 mm)	20%	45%
Nº 200 (0.075 mm)	5%	20%

Fracciones de Grava, Arena y Finos de la Muestra

% de grava (Retiene Tamiz Nº 4) = 38.57%
 % de arena (Pasa Nº 4 y Ret. Nº 200) = 34.65%
 % de finos (Pasa Tamiz Nº 200) = 26.78%
 Total: 100.00%

Fracción Gruesa
 % de grava = 52.68%
 % de arena = 47.32%
 Total = 100.00%



Tamaño Máximo Absoluto = 1"

Tamaño Máximo Nominal = ¾"

D60 = 4.40 mm
 D30 = 0.31 mm
 D10 = -

Cu = -
 Cc = -

ASET INGENIERIA S.R.L.
ING. ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 157724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

ENSAYO DE ABRASION (MAQUINA DE LOS ANGELES) (NORMA AASHTO T - 96)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

PROYECTO: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

UBICACIÓN: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

MATERIAL: CANTERA QUILLAHUATA

DATOS DE LA MUESTRA

MUESTRA:

TAMIZ	ANTES DEL ENSAYO PESO RETENIDO
1 1/2"	-
1"	1,250.00
3/4"	1,251.00
1/2"	1,250.00
3/8"	1,250.00
PESO TOTAL:	5,001.00

PESO ANTES DEL ENSAYO: 5,001.00



TIPO DE GRADUACION:	A
CARGA ABRASIVA:	12 esferas
PESO DE LAS ESFERAS:	5013.00

PESO DESPUES DEL ENSAYO: 3,287.00

PERDIDA DESPUES DEL ENSAYO: 1,714.00

PORCENTAJE OBTENIDO: 34.27%

50 % Máximo permisible

CONCLUSIONES Y OBSERVACIONES:

Según los resultados obtenidos en el laboratorio se puede concluir que contamos con un material pétreo, cuyas partículas gruesas, resistiran al desgaste.

Por lo tanto dicho material puede ser utilizado en el Proyecto, para la utilizacion de afirmado, ya que podra garantizar buenos resultados al ser utilizado debido a la dureza que presenta al ser sometido a fricciones junto con las esferas.

También se puede tener en cuenta que las propiedades de los agregados dependen principalmente de las características de la roca madre de donde proviene.

ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING^o ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157124
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
Fecha: ABRIL - 2022

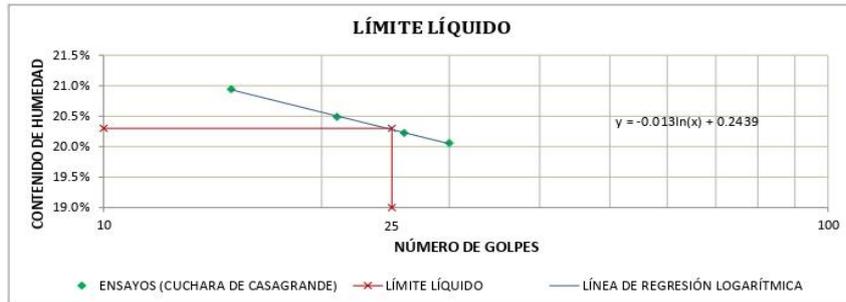
Calicata:

M-01

LÍMITE LÍQUIDO

MTC E 110 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-89

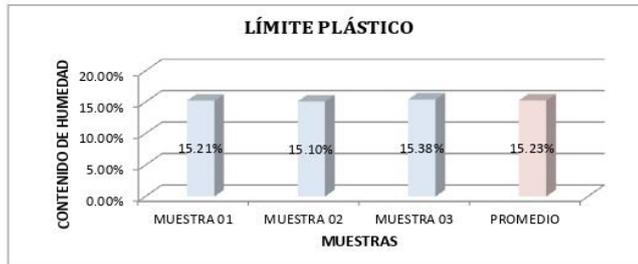
DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04
Peso de Capsula (gr)	10.38	10.47	10.48	10.49
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	15.52	16.88	17.97	18.69
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	14.63	15.79	16.71	17.32
Peso del Agua (gr)	0.89	1.09	1.26	1.37
Peso de la Muestra Seca (gr)	4.25	5.32	6.23	6.83
Contenido de Humedad	20.94%	20.49%	20.22%	20.06%
Número de Golpes	15	21	26	30



LÍMITE PLÁSTICO

MTC E 111 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-4318 y AASHTO T-90

DESCRIPCIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Peso de Capsula (gr)	10.42	10.49	10.80
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	15.42	15.14	17.25
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	14.76	14.53	16.39
Peso del Agua (gr)	0.66	0.61	0.86
Peso de la Muestra Seca (gr)	4.34	4.04	5.59
Contenido de Humedad	15.21%	15.10%	15.38%



LÍMITE LÍQUIDO = 20.30%

LÍMITE PLÁSTICO = 15.23%

ÍNDICE DE PLASTICIDAD = 5.07%

ASET INGENIERIA S.R.L.
ING^o ELIZABETH TAPIA INGA
CIP: 157724
GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

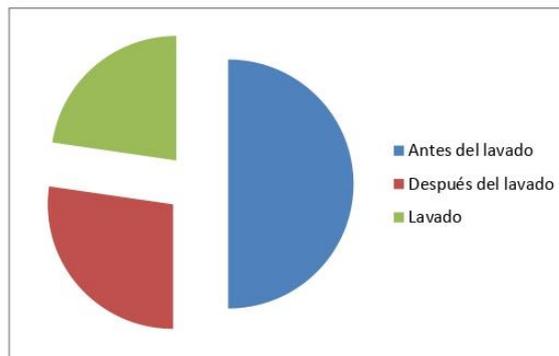
Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación:

AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

- * % de finos (Pasa Tamiz N° 200)
- * % Material que Pasa Tamiz N° 40

Antes del lavado	Peso de la Muestra Seca =	1553	gr
Después del lavado	Peso de la Muestra Seca =	848.24	gr
Lavado		704.76	gr



% Material que Pasa Tamiz N° 40 =	8.76%	74.30 gr
% de finos (Pasa Tamiz N° 200) =	0.14%	1.18 gr



ASET
INGENIERIA S.R.L.
ING[®] ELIZABETH TAPIA INGA
CIP. 157724
GERENTE GENERAL

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

Muestra: CANTERA QUILLAHUATA

Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: M-01

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487

DATOS PARA CLASIFICACIÓN		CRITERIOS PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO Y NOMBRE DE GRUPO CON EL USO DE ENSAYOS DE LABORATORIO		SÍMBOLO	NOMBRE DE GRUPO	
De Granulometría		GRAVAS LIMPIAS		$Cu \geq 4$ y $1 \leq Cc \leq 3$	GW	Grava bien graduada
% de Gruesos = 73.22%		Menos del 5% pasa la malla N° 200		$Cu < 4$ ó $1 > Cc > 3$	GP	Grava mal graduada
% de Finos = 26.78%		GRAVAS CON FINOS		$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	GM	Grava limosa
Total = 100.00%		Mas del 12% pasa la malla N° 200		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC	Grava arcillosa
% de Grava = 38.57%		GRAVAS LIMPIAS Y CON FINOS		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	GC - GM	Grava limosa arcillosa
% de Arena = 34.65%		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		Cumple los criterios para GW y GM	GW - GM	Grava bien graduada con limo
Total = 73.22%		ARENAS LIMPIAS		Cumple los criterios para GW y GC o para GW y GC - GM	GW - GC	Grava bien graduada con arcilla
Fracción Gruesa		Menos del 5% pasa la malla N° 200		Cumple los criterios para GP y GM	GP - GM	Grava mal graduada con limo
% de Grava = 52.68%		ARENAS CON FINOS		Cumple los criterios para GP y GC o para GP y GC - GM	GP - GC	Grava mal graduada con arcilla
% de Arena = 47.32%		Mas del 12% pasa la malla N° 200		$Cu \geq 6$ y $1 \leq Cc \leq 3$	SW	Arena bien graduada
Total = 100.00%		ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS		$Cu < 6$ ó $1 > Cc > 3$	SP	Arena mal graduada
Coeficientes		El 50% o más de la fracción gruesa pasa la malla N° 4		$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	SM	Arena limosa
Cu = -		ARENAS CON FINOS		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC	Arena arcillosa
Cc = -		Entre el 5 y 12% pasa malla N° 200		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	SC - SM	Arena limosa arcillosa
De Límites de Consistencia		ARENAS LIMPIAS Y CON FINOS		Cumple los criterios para SW y SM	SW - SM	Arena bien graduada con limo
LL = 20.30%		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM		Cumple los criterios para SW y SC o para SW y SC - SM	SW - SC	Arena bien graduada con arcilla
LP = 15.23%		Cumple los criterios para SP y SM		Cumple los criterios para SP y SM	SP - SM	Arena mal graduada con limo
IP = 5.07%		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM		Cumple los criterios para SP y SC o para SP y SC - SM	SP - SC	Arena mal graduada con arcilla
Otros Datos		LIMOS Y ARCILLAS		$IP < 4$ ó abajo de la línea "A" en la carta de plasticidad	ML	Limo de baja plasticidad
Tipo = Inor		Límite Líquido menor que 50		$IP > 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL	Arcilla de baja plasticidad
		Inorgánicos		$4 \leq IP \leq 7$ y arriba de la línea "A" en la carta de plasticidad	CL - ML	Arcilla limosa
		Orgánicos		$\frac{\text{Limite Líquido secado al horno}}{\text{Limite Líquido no secado}} < 0.75$	OL	Limo orgánico
		LIMOS Y ARCILLAS		Se grafica en la carta de plasticidad abajo de la línea "A"	MH	Limo de alta plasticidad
		Límite Líquido 50 o mayor		Se grafica en la carta de plasticidad arriba de la línea "A"	CH	Arcilla de alta plasticidad
		Inorgánicos		$\frac{\text{Limite Líquido secado al horno}}{\text{Limite Líquido no secado}} < 0.75$	OH	Limo orgánico
		Orgánicos				Arcilla orgánica
		SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS		Principalmente materia orgánica de color oscuro	Pt	Turba

GC - GM = Grava limosa arcillosa arenosa

Av. Miguel Grau - Calle Anahuasi B. 9 - San Sebastián - Cusco
 Email: ased@ingenieriasrl.com
 Cof. 974 220824

ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING. ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP. 15774
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 RUC: N° 2060023646
 SAN SEBASTIÁN - MIGUEL GRAU B. 9 - CUSCO
 TEL: +5174220824

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

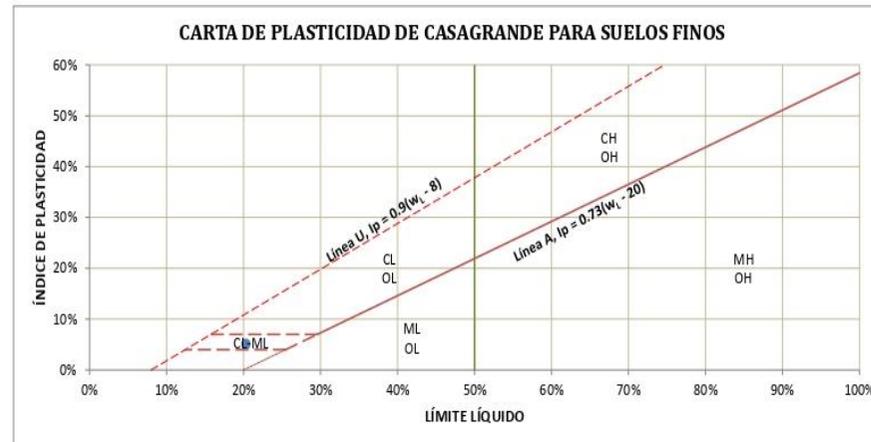
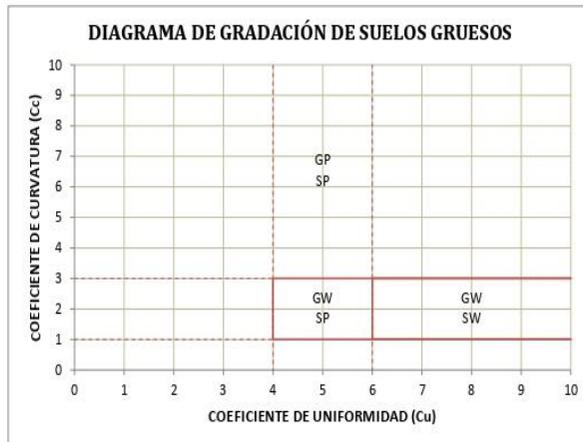
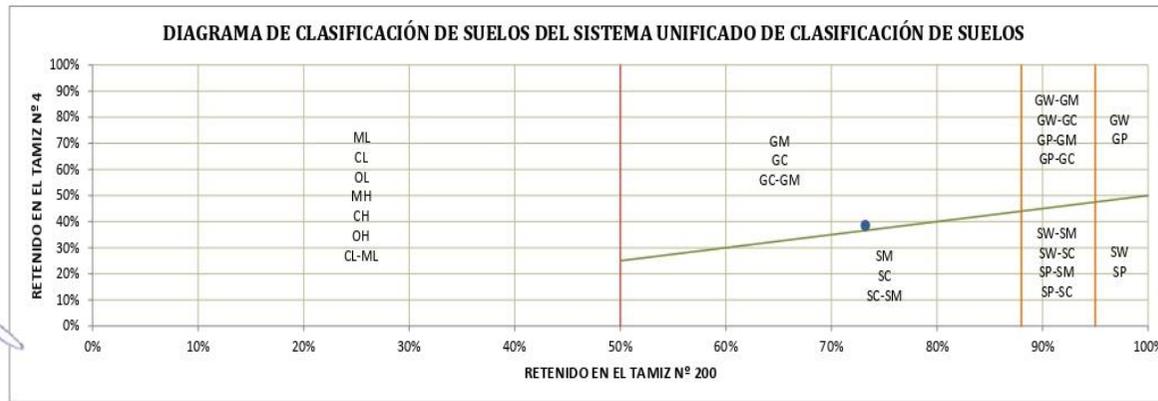
Muestra: CANTERA QUILLAHUATA

Fecha: ABRIL - 2022

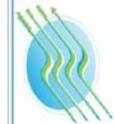
Calicata: M-01

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS)

ASTM D-2487



APUC Miguel Grau - Calle Armonía N.º 5 - San Sebastián - Cusco - Cui: 974 829684
E-mail: contacto@ingenieriasrl.com



ASETI INGENIERIA SRL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
RUC N.º 2006023848
SAN SEBASTIÁN - MIGUEL GRAU B.º - CUSCO
CEL. +51974229344

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

Muestra: CANTERA QUILLAHUATA

Fecha: ABRIL - 2022

Calicata:

M-01

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145

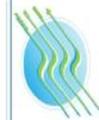


DATOS PARA CLASIFICACIÓN		
De Granulometría	De Límites de Consistencia	Otros Datos
% que pasa el tamiz Nº 10 = 50.08%	LL = 20.30%	Tipo = Inorgánico
% que pasa el tamiz Nº 40 = 35.24%	LP = 15.23%	
% que pasa el tamiz Nº 200 = 26.78%	IP = 5.07%	

CLASIFICACIÓN C.L.	MATERIALES GRANULARES (35% o menos pasa el tamiz Nº 200)							MATERIALES LIMO - ARCILLOSOS (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPOS	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
SUB - GRUPOS												
% que pasa el tamiz:												
Nº 10	50 máx.											
Nº 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.									
Nº 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.	
Características del material que pasa el tamiz Nº 40												
Límite Líquido			No Plástico	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.	41 mín.
Índice de Plasticidad	6 máx.	6 máx.		10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.	11 mín.
Índice de Grupo	0	0	0	0	0	4 máx.	4 máx.	8 máx.	12 máx.	16 máx.	20 máx.	
Tipos de Material	Fragmentos de piedra grava y arena		Arena fina	Gravas, arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		

A-2-4 (0) = Materiales granulares con partículas finas limosas

Av. Miguel Grau - Calle Argemone 8 5 - San Sebastián - Cusco - Perú
 Email: asfingenieria@asfingenieria.com Cel: 974 223894



ASFT INGENIERIA SRL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 RUC: N° 206023646 SAN SEBASTIÁN - MIGUEL GRAU 8 5 - CUSCO
 CEL: +5174223894

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO

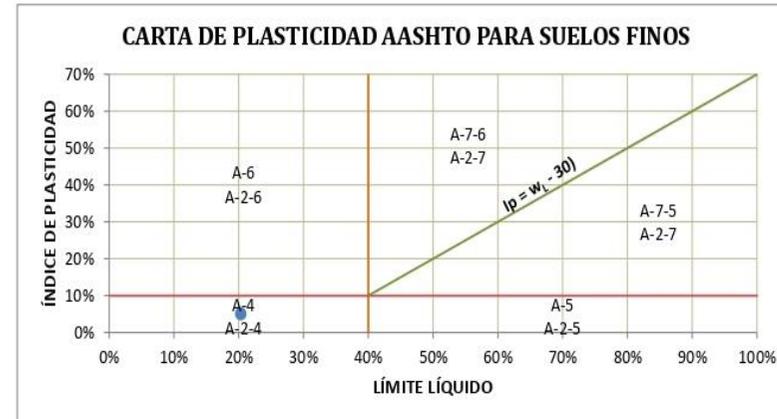
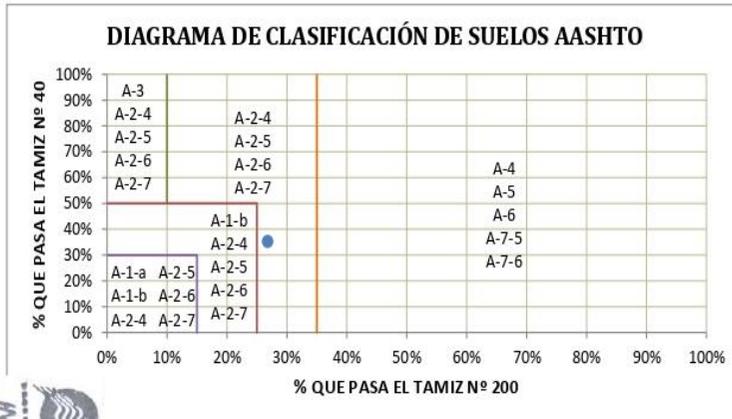
Muestra: CANTERA QUILLAHUATA

Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: M-01

CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN AASHTO

AASHTO M-145



CÁLCULO DEL ÍNDICE DE GRUPO

F = 26.78	F = Porcentaje de partículas sólidas que pasan el tamiz N° 200
w _L = 20.30	w _L = Límite líquido
Ip = 5.07	Ip = Índice de plasticidad

$$IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$$

a = F - 35	a = -8.22	=>	a = 0.00
b = F - 15	b = 11.78	=>	b = 11.78
c = w _L - 40	c = -19.70	=>	c = 0.00
d = Ip - 10	d = -4.93	=>	d = 0.00

IG = 0

APUC Miguel Grau - Calle Argentina, 8.5 - San Sebastián - Cusco
 Cuzco: +511 222222222
 Lima: +511 222222222

ING. ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 15772
 INGENIERA S.R.L.
 GERENTE GENERAL


ASET INGENIERIA SRL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES
 RUC N° 200023444
 SAN SEBASTIÁN - MIGUEL GRAU 8.5 - CUSCO
 CEL: +511 2222222



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236646 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

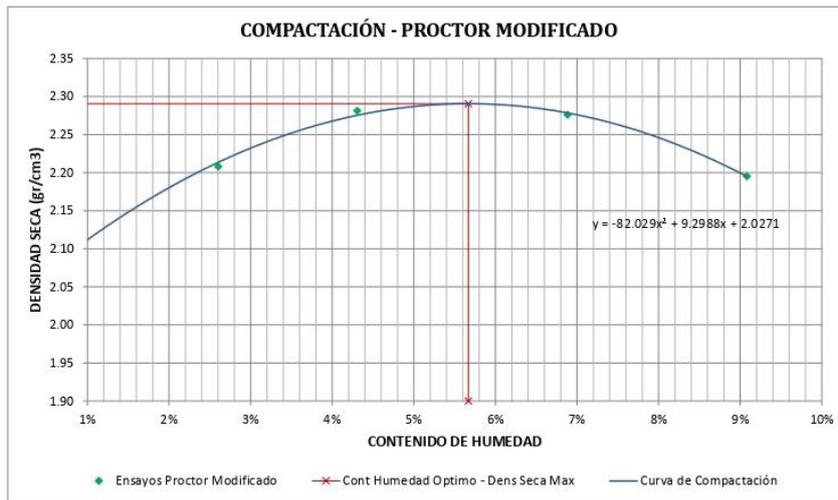
Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"
 Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

RELACIONES HUMEDAD - DENSIDAD (PRÓCTOR MODIFICADO)

MTC E 115 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1557 y AASHTO T-180

DATOS GENERALES
Número de Capas = 5
Golpes por Capa = 56
Peso del Martillo = 4.54 Kg
Altura de Caída del Martillo= 45.72 cm

DENSIDAD DE LA MUESTRA	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03	MUESTRA 04	MUESTRA 05					
Número de Proctor Utilizado	P-1	P-1	P-1	P-1	P-1					
Diámetro del Molde (cm)	15.20	15.20	15.20	15.20	15.20					
Altura del molde (cm)	11.60	11.60	11.60	11.60	11.60					
Volumen del Molde (cm ³)	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92	2104.92					
Peso del Molde (gr)	5741.00	5741.00	5741.00	5739.00	5739.00					
Peso del Molde + Muestra Compactada (gr)	10050.00	10510.00	10750.00	10860.00	10780.00					
Peso de la Muestra Compactada (gr)	4309.00	4769.00	5009.00	5121.00	5041.00					
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.05	2.27	2.38	2.43	2.39					
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.04	2.21	2.28	2.28	2.20					
CONTENIDO DE HUMEDAD	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo	Arriba	Abajo		
Peso de Capsula (gr)	19.52	19.42	18.46	19.12	19.68	19.46	19.27	19.14	19.52	19.13
Peso de Capsula + Muestra Húmeda (gr)	74.49	72.09	68.55	64.38	70.82	77.79	72.65	66.82	87.60	84.63
Peso de Capsula + Muestra Seca (gr)	74.40	72.00	67.27	63.24	68.71	75.38	69.20	63.76	81.92	79.19
Peso del Agua (gr)	0.09	0.09	1.28	1.14	2.11	2.41	3.45	3.06	5.68	5.44
Peso de la Muestra Seca (gr)	54.88	52.58	48.81	44.12	49.03	55.92	49.93	44.62	62.40	60.06
Contenido de Humedad	0.16%	0.17%	2.62%	2.58%	4.30%	4.31%	6.91%	6.86%	9.10%	9.06%
Contenido de Humedad Promedio	0.17%	2.60%	4.31%	6.88%	9.08%					



DENSIDAD SECA MÁXIMA = 2.29 gr/cm³
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMO = 5.67%

ASET INGENIERIA S.R.L.
ING. ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 157724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: M-01

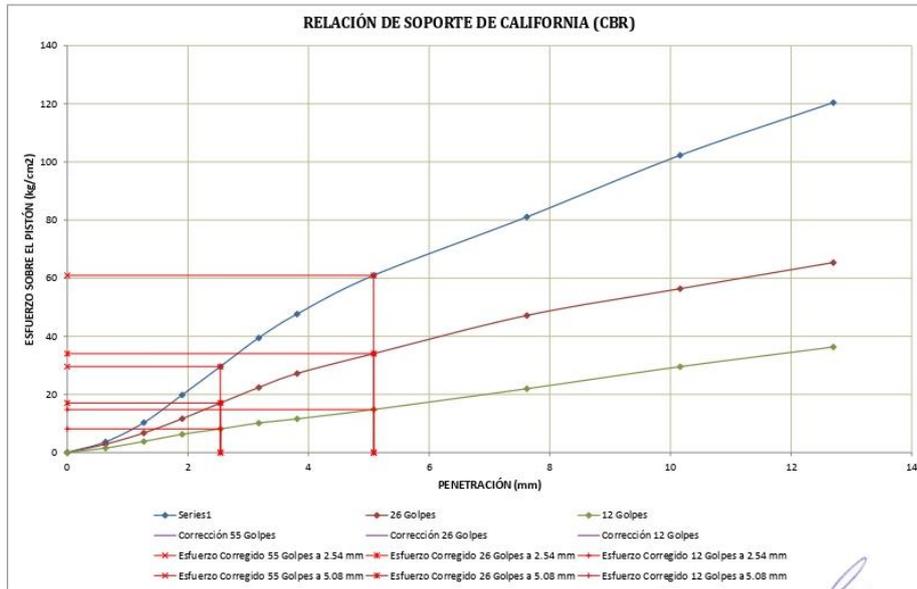
RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

DATOS GENERALES	DIMENSIONES DEL MOLDE
Densidad Seca Máxima = 2.29 cm3	Peso del Martillo = 4.54 Kg
Contenido Humedad Óptimo = 5.67%	Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm
Contenido Humedad Natural = 4.54%	Número de Capas = 5
Área del Pistón = 20.27 cm2	Altura del Disco Espaciador = 6.20 cm
	Diámetro = 15.20 cm
	Altura = 17.90 cm
	Altura de la Muestra = 11.70 cm
	Volumen = 2123.06 cm3

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes por Capa	55	26	12
Peso del Molde [gr]	6708.00	6788.00	6788.00
Peso del Molde + Muestra Compactada [gr]	11859.00	11732.00	11580.00
Peso de la Muestra Compactada [gr]	5151.00	4944.00	4792.00
Densidad Húmeda [gr/cm3]	2.43	2.33	2.26
Densidad Seca [gr/cm3]	2.30	2.20	2.14
Contenido de Humedad Promedio	5.67%	5.67%	5.67%

Carga Unitaria Patrón (kg/cm2)	MUESTRA 01							MUESTRA 02				MUESTRA 03			
	Dial *0.001"	Penetración mm	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm2	CBR %		Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm2	CBR %	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm2	CBR %
0	0.000	0	0.00	0.00			0.000	0.00	0.00			0.000	0.00	0.00	
25	0.635	0.73224	74.67	3.68			0.573	58.42	2.88			0.306	31.20	1.54	
50	1.270	2.04768	208.81	10.30			1.339	136.54	6.74			0.760	77.52	3.82	
75	1.905	3.94308	402.08	19.84			2.315	236.07	11.65			1.246	127.08	6.27	
70.31	100	2.540	5.88492	600.09	29.61	42.11%	3.389	345.62	17.05	24.25%		1.620	165.19	8.15	11.59%
	125	3.175	7.84512	799.98	39.47		4.451	453.89	22.39			2.017	205.64	10.15	
	150	3.810	9.47052	965.72	47.65		5.403	550.94	27.18			2.306	235.13	11.60	
105.46	200	5.080	12.11544	1235.43	60.95	57.80%	6.766	689.96	34.04	32.28%		2.944	300.16	14.81	14.04%
	300	7.620	16.1136	1643.13	81.07		9.374	955.92	47.16			4.365	445.11	21.96	
	400	10.160	20.3256	2072.63	102.26		11.206	1142.65	56.38			5.871	598.68	29.54	
	500	12.700	23.9328	2440.47	120.41		12.995	1325.10	65.38			7.218	736.03	36.31	




ING° ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP 1617724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

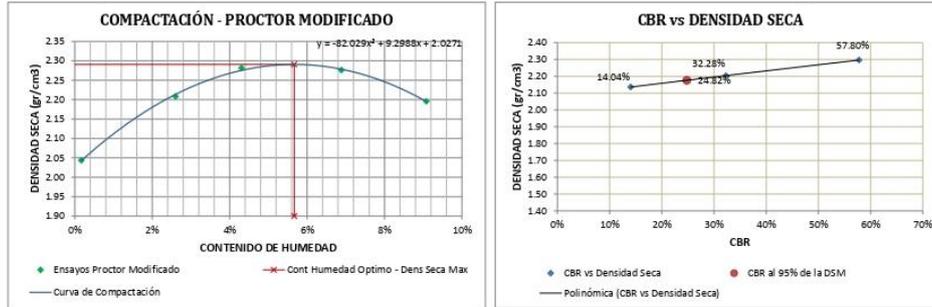
Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: M-01

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

CORRECCIONES	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03		
	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg
Carga Unitaria Patrón	mm	kg/cm2	%	mm	kg/cm2	%	mm	kg/cm2	%
70.31	2.540	29.61	42.11%	2.540	17.05	24.25%	2.540	8.15	11.59%
105.46	5.080	60.95	57.80%	5.080	34.04	32.28%	5.080	14.81	14.04%



RESULTADOS

Número de Golpes	Expansión	Absorción
55	1.39%	4.94%
26	1.80%	7.15%
12	2.08%	7.81%

Número de Golpes	CBR	Densidad Seca
55	57.80%	2.30 gr/cm ³
26	32.28%	2.20 gr/cm ³
12	14.04%	2.14 gr/cm ³

Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	2.29
95% de la DSM (gr/cm ³)	2.18

CBR al 100% de la DSM	57.80%
CBR al 95% de la DSM	24.82%

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm

OBSERVACIONES : EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

CBR: 24.82%

ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING° ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 153724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: SUELO+ 1 % AGUAMIEL DE CABUYA

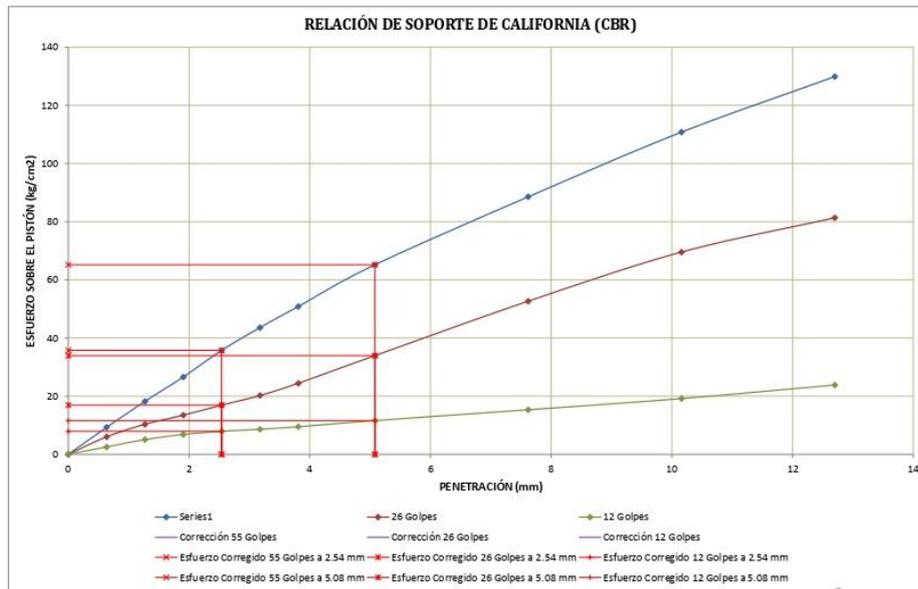
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

DATOS GENERALES	DIMENSIONES DEL MOLDE
Densidad Seca Máxima = 2.29 cm ³	Peso del Martillo = 4.54 Kg
Contenido Humedad Óptimo = 5.67%	Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm
Contenido Humedad Natural = 4.54%	Número de Capas = 5
Área del Pistón = 20.27 cm ²	Altura del Disco Espaciador = 6.20 cm
	Diámetro = 15.20 cm
	Altura = 17.90 cm
	Altura de la Muestra = 11.70 cm
	Volumen = 2123.06 cm ³

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes por Capa	55	26	12
Peso del Molde [gr]	7539.00	6801.00	6673.00
Peso del Molde + Muestra Compactada [gr]	12763.00	11715.00	11365.00
Peso de la Muestra Compactada [gr]	5224.00	4914.00	4692.00
Densidad Húmeda [gr/cm ³]	2.46	2.31	2.21
Densidad Seca [gr/cm ³]	2.33	2.19	2.09
Contenido de Humedad Promedio	5.67%	5.67%	5.67%

Carga Unitaria Patrón [kg/cm ²]	MUESTRA 01				MUESTRA 02				MUESTRA 03					
	Dial "0.001"	Penetración mm	Fuerza KN	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	
0	0.000	0	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00		
25	0.635	1.9469	188.33	9.29		1.196	121.98	6.02		0.505	51.49	2.54		
50	1.270	3.619	369.04	18.21		2.054	209.48	10.34		1.010	102.97	5.08		
75	1.905	5.2888	539.31	26.61		2.679	273.13	13.48		1.356	138.30	6.82		
70.31	100	2.540	7.1049	724.50	35.75	50.84%	3.361	342.68	16.91	24.05%	1.574	160.51	7.92	11.26%
125	3.175	8.6625	883.33	43.58		4.018	409.70	20.21		1.713	174.65	8.62		
150	3.810	10.1057	1030.49	50.84		4.859	495.51	24.45		1.886	192.31	9.49		
105.46	200	5.080	12.958	1321.35	65.19	61.82%	6.749	688.16	33.95	32.19%	2.307	235.22	11.61	11.00%
	300	7.620	17.6	1794.70	88.55		10.467	1067.29	52.66		3.044	310.43	15.32	
	400	10.160	22.022	2245.62	110.79		13.824	1409.68	69.55		3.812	388.66	19.18	
	500	12.700	25.817	2632.60	129.89		16.170	1648.88	81.35		4.737	483.05	23.83	




ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING^o ELIZABETH TAPIA INGA
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

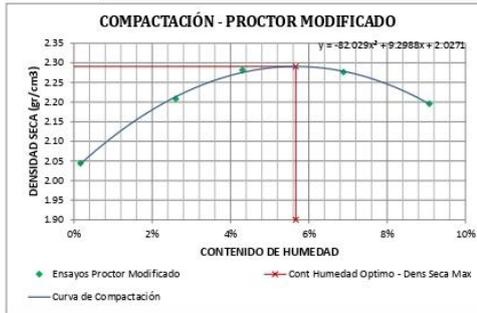
Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: SUELO+ 1% AGUAMIEL DE CABUYA

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

CORRECCIONES	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03		
	Penetr	Esfuer	CBR	Penetr	Esfuer	CBR	Penetr	Esfuer	CBR
Carga Unitaria Patrón	Correg	Correg	Correg	Correg	Correg	Correg	Correg	Correg	Correg
kg/cm2	mm	kg/cm2	%	mm	kg/cm2	%	mm	kg/cm2	%
70.31	2.540	35.75	50.84%	2.540	16.91	24.05%	2.540	7.92	11.26%
105.46	5.080	65.19	61.82%	5.080	33.95	32.19%	5.080	11.61	11.00%



RESULTADOS

Número de Golpes	Expansión	Absorción
55	1.39%	4.94%
26	1.80%	7.15%
12	2.08%	7.81%

Número de Golpes	CBR	Densidad Seca
55	61.82%	2.33 gr/cm³
26	32.19%	2.19 gr/cm³
12	11.26%	2.09 gr/cm³

Densidad Seca Máxima (gr/cm³)	2.29
95% de la DSM (gr/cm³)	2.18

CBR al 100% de la DSM	61.82%
CBR al 95% de la DSM	29.16%

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm

OBSERVACIONES : EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

CBR: 29.16%

ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING° ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 157724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: SUELO+ 2% AGUAMIEL DE CABUYA

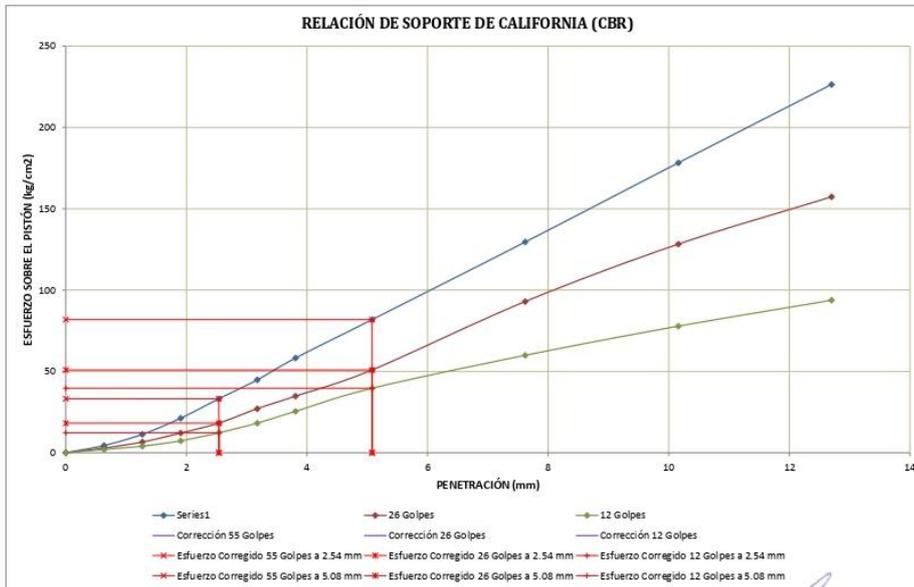
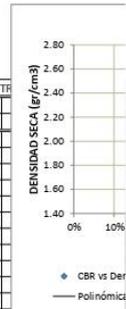
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTCE 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

DATOS GENERALES		DIMENSIONES DEL MOLDE	
Densidad Seca Máxima = 2.29 cm ³	Peso del Martillo = 4.54 Kg	Diámetro = 15.20 cm	
Contenido Humedad Óptimo = 5.67%	Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm	Altura = 17.90 cm	
Contenido Humedad Natural = 4.54%	Número de Capas = 5	Altura de la Muestra = 11.70 cm	
Área del Pistón = 20.27 cm ²	Altura del Disco Espaciador = 6.20 cm	Volumen = 2123.06 cm ³	

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes por Capa	55	26	12
Peso del Molde (gr)	6763.00	6775.00	7457.00
Peso del Molde + Muestra Compactada (gr)	12671.00	11855.00	12271.00
Peso de la Muestra Compactada (gr)	5908.00	5080.00	4814.00
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.78	2.39	2.27
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.63	2.26	2.15
Contenido de Humedad Promedio	5.67%	5.67%	5.67%

DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (CBR)		MUESTRA 01				MUESTRA 02				MUESTRA 03		
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración mm	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	Dial KN	Fuerza kg
0	0.000	0	0.00	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00		0.000	0.00
25	0.635	0.8789	89.62	4.42	0.570		0.570	58.10	2.87		0.399	40.72
50	1.270	2.2451	228.94	11.30	1.305		1.305	133.03	6.56		0.801	81.66
75	1.905	4.213	429.61	21.20	2.404		2.404	245.09	12.09		1.456	148.51
70.31	100	2.540	6.5956	672.56	33.18	47.20%	3.622	369.37	18.22	25.92%	2.435	248.34
	125	3.175	8.9001	907.56	44.78		5.381	548.73	27.07		3.619	369.04
	150	3.810	11.572	1180.02	58.22		6.914	704.98	34.78		5.057	515.64
105.46	200	5.080	16.269	1658.98	81.85	77.61%	10.117	1031.62	50.90	48.26%	7.878	803.35
	300	7.620	25.751	2625.87	129.56		18.480	1884.44	92.97		11.902	1213.67
	400	10.160	35.431	3612.96	178.26		25.498	2600.07	128.28		15.466	1577.09
	500	12.700	45.001	4588.82	226.40		31.273	3188.96	157.34		18.634	1900.14



ASET INGENIERIA S.R.L.
ING° ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP. 158724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

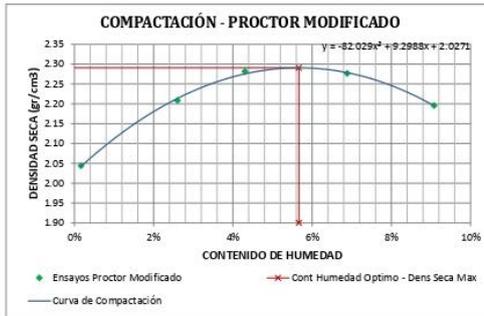
Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: SUELO+ 2 % AGUAMIEL DE CABUYA

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

CORRECCIONES	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03		
	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg
Carga Unitaria Patrón	mm	kg/cm ²	%	mm	kg/cm ²	%	mm	kg/cm ²	%
70.31	2.540	33.18	47.20%	2.540	18.22	25.92%	2.540	12.25	17.43%
105.46	5.080	81.85	77.61%	5.080	50.90	48.26%	5.080	39.64	37.58%



RESULTADOS

Número de Golpes	Expansión	Absorción
55	1.39%	4.94%
26	1.80%	7.15%
12	2.08%	7.81%

Número de Golpes	CBR	Densidad Seca
55	77.61%	2.63 gr/cm ³
26	48.26%	2.26 gr/cm ³
12	37.58%	2.15 gr/cm ³

Densidad Seca Máxima (gr/cm ³)	2.29
95% de la DSM (gr/cm ³)	2.18

CBR al 100% de la DSM	77.61%
CBR al 95% de la DSM	40.31%

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm

OBSERVACIONES : EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

CBR: 40.31%

ASET INGENIERIA S.R.L.
HVG ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 197124
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20800236645

SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO

CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: SUELO+ 4% AGUAMIEL DE CABUYA

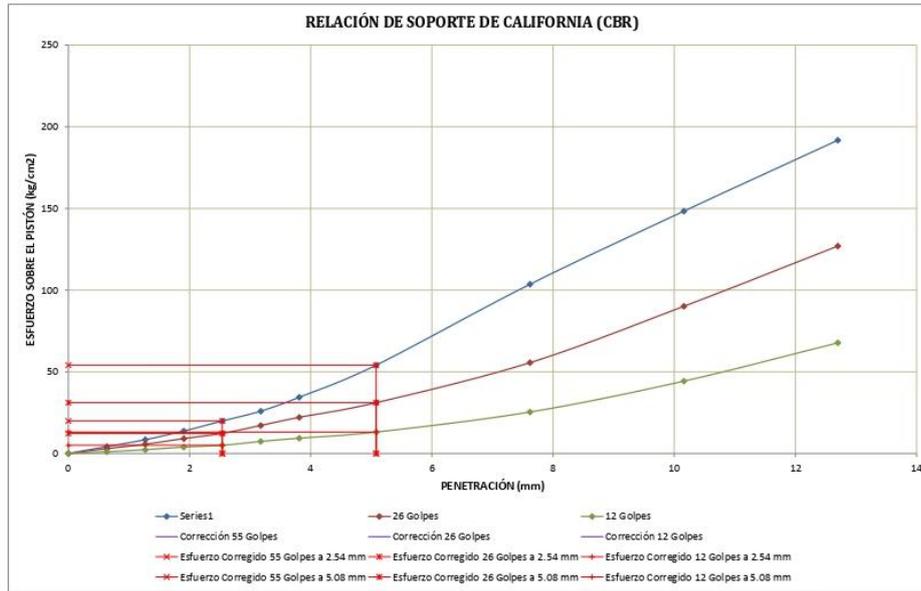
RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MTC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

DATOS GENERALES		DIMENSIONES DEL MOLDE	
Densidad Seca Máxima = 2.29 cm ³	Peso del Martillo = 4.54 Kg	Diámetro = 15.20 cm	
Contenido Humedad Óptimo = 5.67%	Altura de Caída del Martillo = 45.72 cm	Altura = 17.90 cm	
Contenido Humedad Natural = 4.54%	Número de Capas = 5	Altura de la Muestra = 11.70 cm	
Área del Pistón = 20.27 cm ²	Altura del Disco Espaciador = 6.20 cm	Volumen = 2123.06 cm ³	

DATOS DEL ENSAYO DE COMPACTACIÓN	MUESTRA 01	MUESTRA 02	MUESTRA 03
Número de Golpes por Capa	55	26	12
Peso del Molde (gr)	6777.00	6985.00	6741.00
Peso del Molde + Muestra Compactada (gr)	12586.00	12134.00	11481.00
Peso de la Muestra Compactada (gr)	5809.00	5149.00	4740.00
Densidad Húmeda (gr/cm ³)	2.74	2.43	2.23
Densidad Seca (gr/cm ³)	2.59	2.30	2.11
Contenido de Humedad Promedio	5.67%	5.67%	5.67%

DATOS DEL ENSAYO DE PENETRACIÓN (CBR)		MUESTRA 01				MUESTRA 02				MUESTRA 03				
Carga Unitaria Patrón (kg/cm ²)	Dial *0.001"	Penetración mm	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %	Dial KN	Fuerza kg	Esfuer. kg/cm ²	CBR %
0	0.000	0	0	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00		0.000	0.00	0.00	
25	0.635	0.84	85.66	4.23	0.585		0.585	59.62	2.94		0.203	20.73	1.02	
50	1.270	1.674	170.70	8.42	1.129		1.129	115.12	5.68		0.457	46.60	2.30	
75	1.905	2.7348	278.87	13.76	1.809		1.809	184.50	9.10		0.780	79.49	3.92	
70.31	100	2.540	3.9516	402.95	19.88	28.28%	2.443	249.09	12.29	17.48%	1.001	102.10	5.04	7.17%
	125	3.175	5.1468	524.83	25.89		3.409	347.59	17.15		1.458	148.70	7.34	
	150	3.810	6.8376	697.24	34.40		4.398	448.50	22.13		1.860	189.64	9.36	
105.46	200	5.080	10.7472	1095.91	54.07	51.27%	6.179	630.09	31.09	29.48%	2.602	265.36	13.09	12.41%
	300	7.620	20.592	2099.80	103.60		11.053	1127.06	55.61		5.043	514.28	25.37	
	400	10.160	29.484	3006.53	148.34		17.909	1826.19	90.10		8.803	897.68	44.29	
	500	12.700	38.112	3886.34	191.74		25.234	2573.11	126.95		13.457	1372.21	67.70	



ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING. ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP 161724
 GERENTE GENERAL



ASET INGENIERIA SRL

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES

RUC N° 20600236645 SAN SEBASTIAN - MIGUEL GRAU B-5 - CUSCO CEL: +51974223624

Proyecto: "INFLUENCIA DEL AGUAMIEL DE CABUYA EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DEL MATERIAL PARA AFIRMADO, SAN JERÓNIMO, CUSCO-2022"

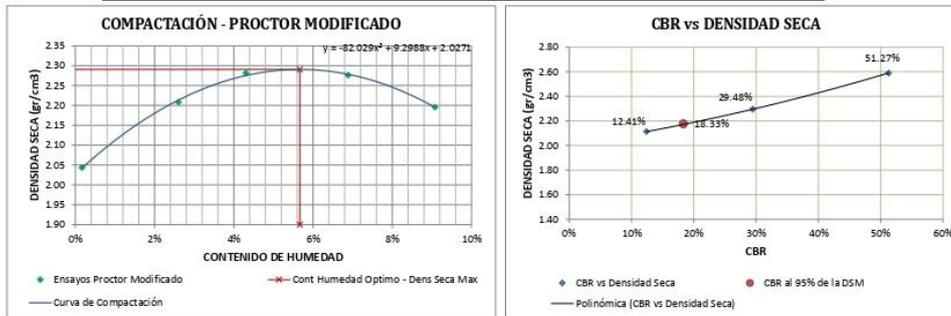
Ubicación: AFIRMADOS EN DISTRITO DE SAN JERÓNIMO
 Muestra: CANTERA QUILLAHUATA
 Fecha: ABRIL - 2022

Calicata: SUELO+ 4 % AGUAMIEL DE CABUYA

RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR)

MITC E 132 - 2000, Basado en la Norma ASTM D-1883 y AASHTO T-193

CORRECCIONES	MUESTRA 01			MUESTRA 02			MUESTRA 03			
	Carga Unitaria Patrón	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg	Penetr Correg	Esfuer Correg	CBR Correg
	kg/cm2	mm	kg/cm2	%	mm	kg/cm2	%	mm	kg/cm2	%
	70.31	2.540	19.88	28.28%	2.540	12.29	17.48%	2.540	5.04	7.17%
	105.46	5.080	54.07	51.27%	5.080	31.09	29.48%	5.080	13.09	12.41%



RESULTADOS

Número de Golpes	Expansión	Absorción
55	1.39%	4.94%
26	1.80%	7.15%
12	2.08%	7.81%

Número de Golpes	CBR	Densidad Seca
55	51.27%	2.59 gr/cm3
26	29.48%	2.30 gr/cm3
12	12.41%	2.11 gr/cm3

Densidad Seca Máxima (gr/cm3)	2.29
95% de la DSM (gr/cm3)	2.18

CBR al 100% de la DSM	51.27%
CBR al 95% de la DSM	18.33%

Comprobación de resultados de CBR a 2.54 mm y 5.08 mm

OBSERVACIONES : EL CBR DE DISEÑO SERÁ EL CORRESPONDIENTE A 5.08 mm

CBR: 18.33%

ASET INGENIERIA S.R.L.
 ING° ELIZABETH TAPIA INGA
 CIP: 167724
 GERENTE GENERAL

ANEXO 6: Certificado de calibración de los instrumentos del laboratorio



LABORATORIO DE CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
METROLOGÍA ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN 429 - 2021 GLML

Fecha : 2021-12-20

Solicitante: ASET INGENIERIA S.R.L
Dirección: MZA. B LOTE. 5 APV. MIGUEL GRAU CUSCO - SAN SEBASTIAN
Instrumento / Tipo: MÁQUINA DE LOS ÁNGELES
Marca: PYS EQUIPOS
Modelo / Serie: STMH-3 / 170816
Fecha de Calibración: 2020-10-14
Norma Utilizada Como Referencia: ASTM C 131 - 1
Instrumentos Utilizados: Pie de Rey Digital Certificado: N° L - 1417 - 2021
 Balanza Ohaus Certificado: N° 0428 - 2021 GLM
 Cronómetro Certificado: N° 1025-4813435
Método de Calibración: Comparación Directa

Esferas Maquina de los Angeles				
Valor Nominal	Peso (g)	Diametro 1	Diametro 2	Promedio L
V	390 g - 445 g ± 1 g	(mm)	(mm)	(mm)
1	418	46.75	46.76	46.76
2	418	46.70	46.71	46.71
3	418	46.71	46.81	46.76
4	419	46.70	46.74	46.72
5	419	46.75	46.77	46.76
6	418	46.74	46.75	46.75
7	419	46.73	46.66	46.70
8	419	46.78	46.79	46.79
9	418	46.70	46.80	46.75
10	419	46.74	46.78	46.76
11	418	46.79	46.73	46.76
12	419	46.72	46.79	46.76
Masa Total	5022.00	5000 ± 25 g		

Numero de vueltas	
N° de vueltas programado en el indicador del equipo	N° de vueltas contadas
5	5
10	10
50	50
100	100
150	150
300	300
400	400
500	500
550	550

Numero de vueltas	
Tiempo (min)	N° de vueltas contadas
1	31
6	187
12	374

Gilmer Alfonso Páez Boquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología

(*) Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas, en las condiciones en que se realizaron. G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

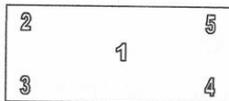
Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 428 - 2021 GLM

Página 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	10,000	0.5	0.0	0.0
2		10	0.5	0.0		10,002	0.4	2.1	2.1
3		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
4		10	0.5	0.0		9,999	0.5	-1.0	-1.0
5		10	0.5	0.0		10,001	0.4	1.1	1.1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
10	10	0.5	0.0						10
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.6	-0.1	-0.1	10
5,000	4,999	0.6	-1.1	-1.1	4,999	0.5	-1.0	-1.0	10
10,000	10,001	0.5	1.0	1.0	10,001	0.5	1.0	1.0	20
15,000	15,001	0.5	1.0	1.0	15,001	0.5	1.0	1.0	20
20,000	20,001	0.6	0.9	0.9	20,001	0.5	1.0	1.0	20
25,000	25,001	0.6	0.9	0.9	25,001	0.6	0.9	0.9	30
30,000	30,001	0.7	0.8	0.8	30,001	0.7	0.8	0.8	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 5,481E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,702E-04 \text{ g}^2 + 4,446E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_c: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)





5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	19.3 °C	19.2 °C
Humedad Relativa	34 %	34 %

6. TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M2)	LM - C - 428 - 2021 CC - 1411 - 2021 CC - 1412 - 2021 CC - 1413 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 30000 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 15,000 g			Carga L2= 30,000 g		
	I(g)	ΔI(g)	E(g)	I(g)	ΔI(g)	E(g)
1	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
2	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
3	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0
5	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
6	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
7	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
8	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
9	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
10	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
Diferencia Máxima			0.1	0.1		
Error máximo permitido ±			20 g	± 30 g		





LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 428-2021 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2021-12-20

1. SOLICITANTE : ASET INGENIERIA S.R.L.

DIRECCIÓN : MZA. B LOTE. 5 APV. MIGUEL GRAU CUSCO - SAN SEBASTIAN

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8335440497

ALCANCE DE INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2021-12-17

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 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones 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 reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO 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.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII; PC - 001 del SNM-INDECOP, EDICIÓN 3° - ENERO, 2009.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ASET INGENIERIA S.R.L.
MZA. B LOTE. 5 APV. MIGUEL GRAU CUSCO - SAN SEBASTIAN


SUPERVISOR
LABORATORIO
Gilmer Argenio Huaman Roguima
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO 425-2021 GLF

Pág. 3 de 3

CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud a(%)	Repetibilidad b(%)	Reversibilidad v(%)	Accesorios aces(%)	Cero fe(%)	Resolución a(%) en el 20%
0,89	1,66	No Aplica	No Aplica	0,00	0,020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica:

CLASE 2 Desde el 20%

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

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

PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga tipo "S", con N° de Serie: B504530209 / AGB8505, con incertidumbre del orden de 0,062 % con CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° CC – 1752 – 2021.

OBSERVACIONES .

1. Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
2. Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
3. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
4. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
5. Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
6. Los resultados contenidos parcialmente en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
7. La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de mediciones.
8. Se adjunta con el certificado la estampilla de calibración No. 425-2021 GLF

FIRMAS AUTORIZADAS

SUPERVISOR
LABORATORIO
Téc. **Giimer A. Huaman Paquioma**
Responsable Laboratorio de Metrología





CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **425-2021 GLF**

Pág. 2 de 3

Método de Calibración:
Tipo de Instrumento:

FUERZA INDICADA CONSTANTE
MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y C

DATOS DE LA CALIBRACIÓN

Dirección de la Carga: COMPRESIÓN Resolución: 0.002 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
%	kN	1 (ASC) kN	2 (ASC) kN	2 (DESC) No Aplica	3 (ASC) kN	4 (ASC) No Aplica
10	5.000	5.09	4.94		5.06	
20	10.00	10.07	10.09		10.11	
30	15.00	15.15	14.90		15.13	
40	20.00	20.17	19.88		20.15	
50	25.00	25.18	24.87	No Aplica	25.17	No Aplica
60	30.00	30.18	29.85		30.18	
70	35.00	35.14	34.86		35.18	
80	40.00	40.25	39.94		40.06	
90	45.00	45.28	44.84		45.11	
100	50.00	50.16	49.72		50.10	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

RESULTADO DE LA CALIBRACIÓN

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución	Incertidumbre
%	kN	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)	Relativa a (%)	Relativa U± (%) k=2
10	5.000	-0.60	2.98			0.040	1.825
20	10.00	-0.89	0.40			0.020	0.249
30	15.00	-0.40	1.66			0.013	1.070
40	20.00	-0.33	1.45			0.010	0.937
50	25.00	-0.29	1.24	No Aplica	No Aplica	0.008	0.817
60	30.00	-0.23	1.10			0.007	0.738
70	35.00	-0.17	0.91			0.006	0.583
80	40.00	-0.21	0.77			0.005	0.461
90	45.00	-0.17	0.98			0.004	0.577
100	50.00	0.01	0.88			0.004	0.560
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

CONDICIONES AMBIENTALES

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 19.3 °C
Temperatura Máxima: 19.7 °C

Humedad Mínima: 38.0 %Hr
Humedad Máxima: 38.0 %Hr





LABORATORIO DE METROLOGÍA CALIDAD Y RESPONSABILIDAD
ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA



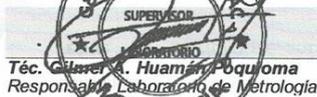
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA

Calibration Certificate – Laboratory of Force

OBJETO DE PRUEBA: <i>Instrument</i>	MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN	Pág. 1 de 3
Rangos <i>Measurement range</i>	50 kN	
FABRICANTE <i>Manufacturer</i>	PINZUAR LTDA.	
Modelo <i>Model</i>	PS – 25	
Serie <i>Identification number</i>	247	
Ubicación de la máquina <i>Location of the machine</i>	LAB. DE SUELOS Y CONCRETO DE ASET INGENIERIA S.R.L	
Norma de referencia <i>Norm of used reference</i>	NTC – ISO 7500 – 1 (2007 – 07 – 25)	
Intervalo calibrado <i>Calibrated interval</i>	Del 10% al 100% del Rango	
Solicitante <i>Customer</i>	ASET INGENIERIA S.R.L	
Dirección <i>Address</i>	MZA. B LOTE. 5 APV. MIGUEL GRAU CUSCO - SAN SEBASTIAN	
Ciudad <i>City</i>	CUSCO	
PATRON(ES) UTILIZADO(S) <i>Measurement standard</i>		
Tipo / Modelo <i>Type / Model</i>	T71P / DEF – A	
Rangos <i>Measurement range</i>	5000 kgf	
Fabricante <i>Manufacturer</i>	OHAUS / KELI	
No. serie <i>Identification number</i>	B504530209 / AGB8505	
Certificado de calibración <i>Calibration certification</i>	N° CC – 1752 – 2021	
Incertidumbre de medida <i>Uncertainty of measurement</i>	0.062 %	
Método de calibración <i>Method of calibration</i>	Comparación Directa	
Unidades de medida <i>Units of measurement</i>	Sistema Internacional de Unidades (SI)	
FECHA DE CALIBRACIÓN <i>Date of calibration</i>	2021 – 12 – 17	
FECHA DE EXPEDICIÓN <i>Date of issue</i>	2021 – 12 – 20	

NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS 3
Number of pages of this certificate and documents attached

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized Signatures


Téc. César E. Huamán Piqueloma
Responsable Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 – 5814
Celular:
992 – 302 – 883 / 962 – 221 – 858

Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima

ANEXO 7: Panel fotográfico

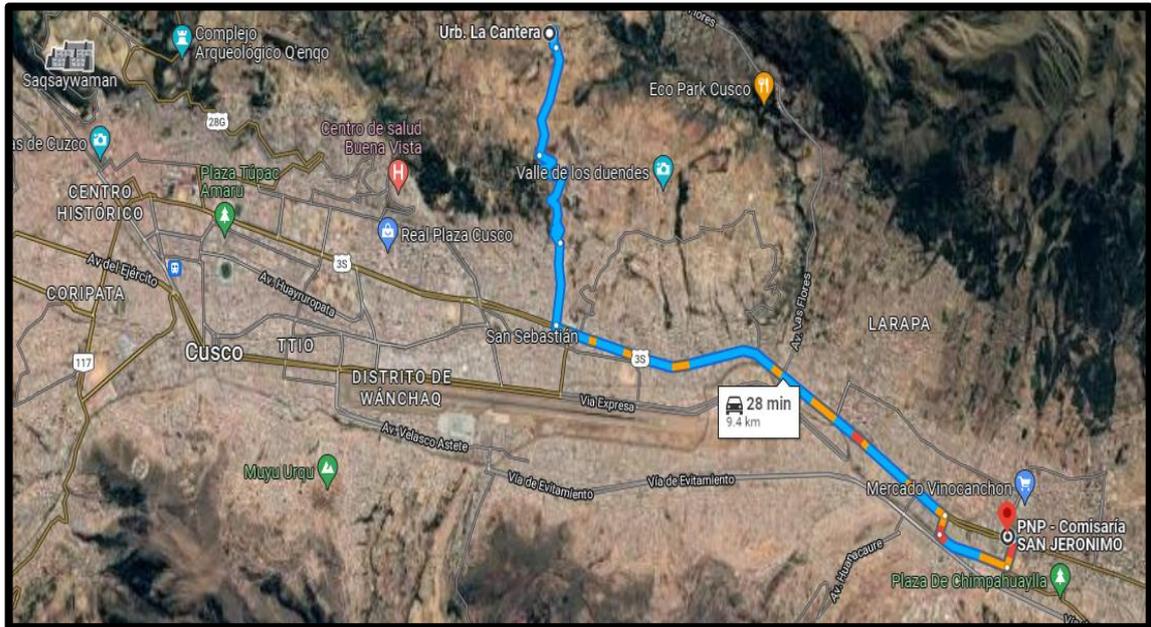


Foto N° 1. Vista satelital de la cantera Quillahuata.

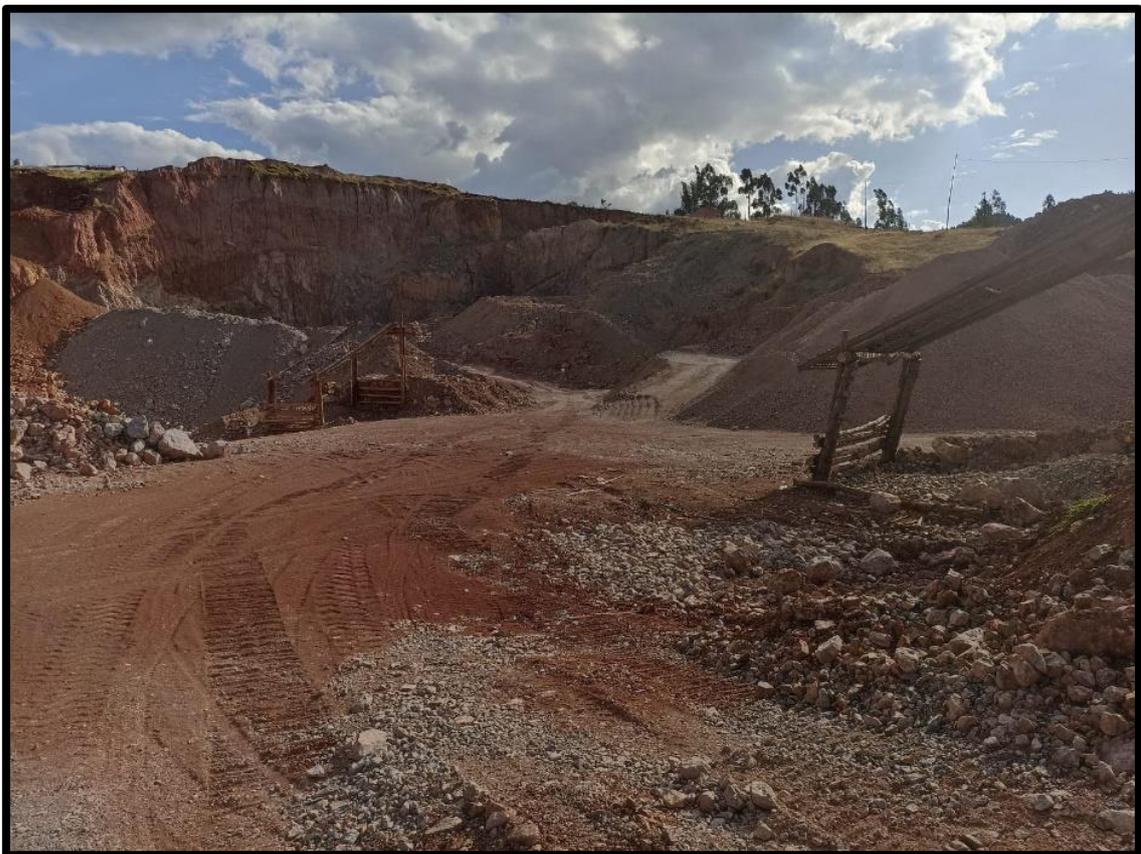


Foto N° 2. Vista panorámica de la cantera Quillahuata.



Foto N° 3. *Visita de campo a la cantera Quillahuata.*



Foto N° 4. *Proceso de extracción del aguamiel de cabuya*



Foto N° 5. Selección del material para el ensayo Próctor modificado.



Foto N°6. Tamizado de los agregados para el ensayo Proctor modificado



Foto N° 7. Molde para el ensayo Proctor modificado de la muestra patrón.



Foto N° 8. Compactación de la muestra patrón con 55 golpes por cada capa

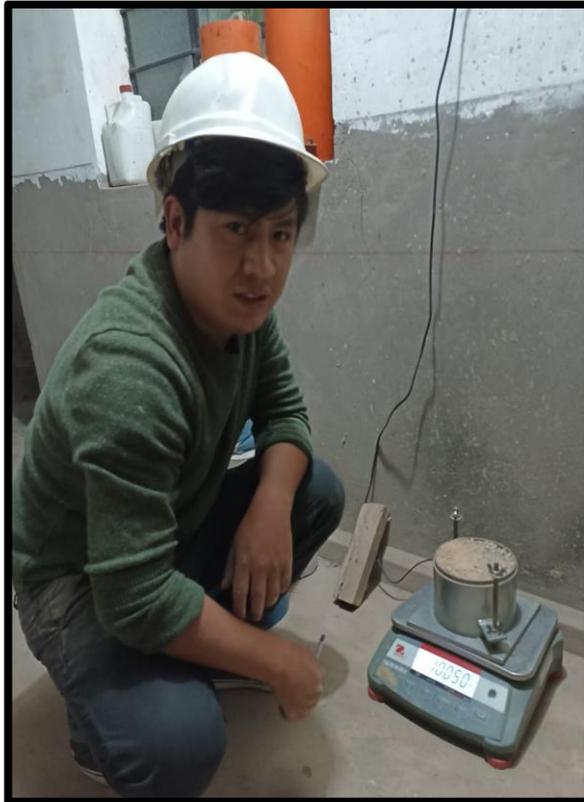


Foto N° 9. Pesado seco del material compactado, luego de haber sacado el collarín y realizado el enrasado



Foto N° 10. Muestreo del material sin incorporación de aguamiel de cabuya para el ensayo CBR.



Foto N° 11. Compactación de la muestra patrón para el ensayo CBR.



Foto N° 12. Muestreo del material con 1% de aguamiel de cabuya para el ensayo CBR.



Foto N° 13. Compactación del material con 1% de aguamiel de cabuya para el ensayo CBR.



Foto N° 14. Muestreo y compactación del material con 2% de aguamiel de cabuya para el ensayo CBR.



Foto N° 15. Muestreo y compactación del material con 4% de aguamiel de cabuya para el ensayo CBR.



Foto N° 16. Selección del material para el ensayo de abrasión.



Foto N° 17. Tamizado del material para el ensayo de abrasión.

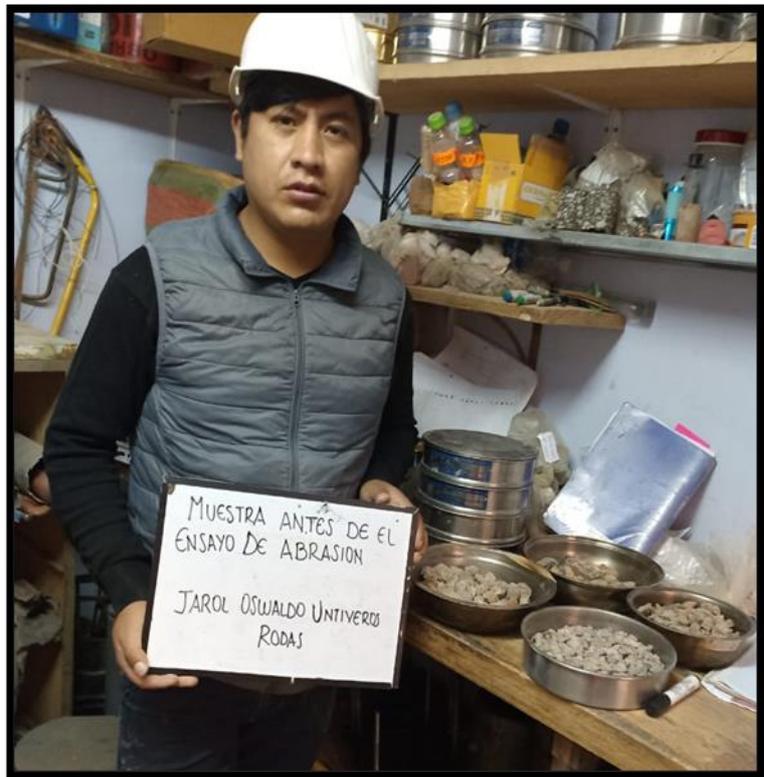


Foto N° 18. Material listo para iniciar el ensayo de abrasión.



Foto N° 19. Ensayo de abrasión o de Los Ángeles culminada.

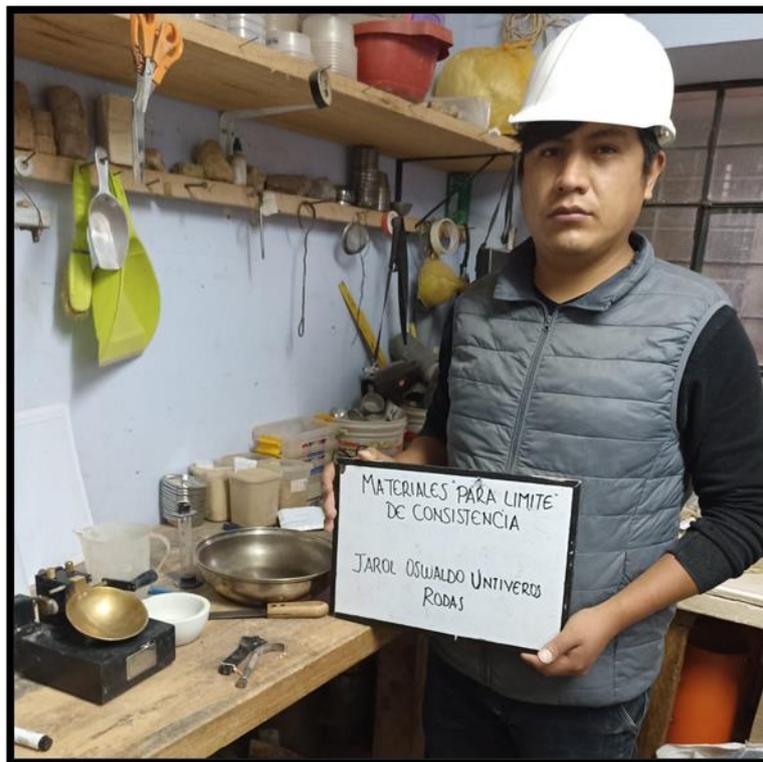


Foto N° 20. Equipos para el ensayo de límites de atterberg.



Foto N° 21. Muestras para el ensayo de límites de consistencia.



Foto N° 22. Muestras para el ensayo de limite plástico.

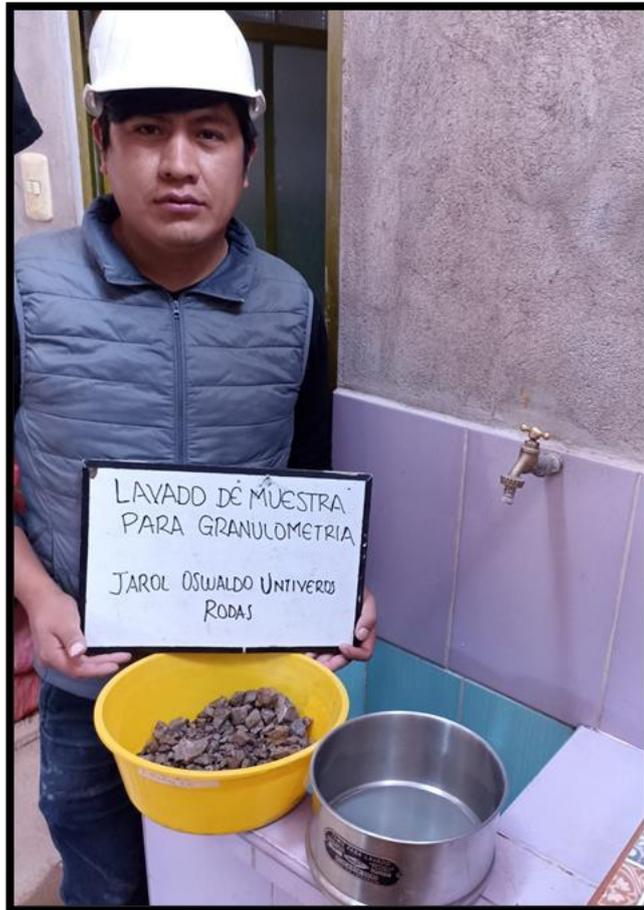


Foto N° 23. Lavado del material para el ensayo granulométrico.

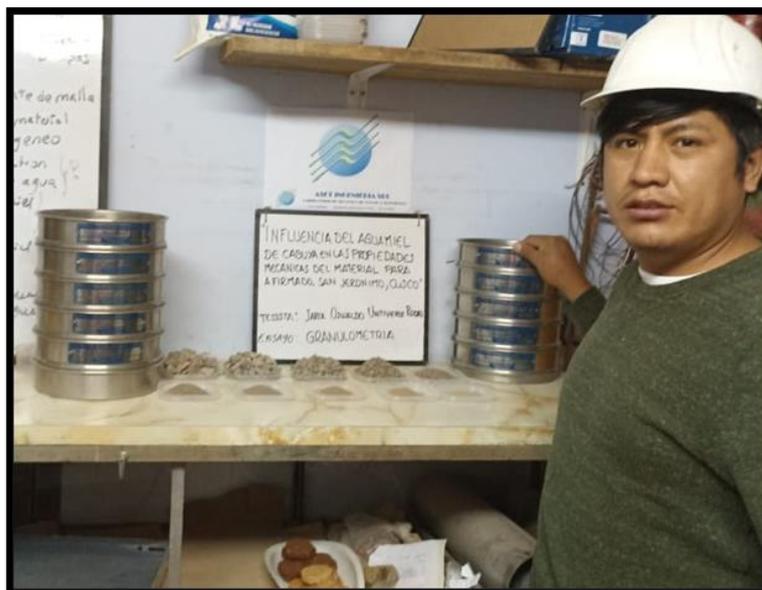


Foto N° 24. Distribución de las partículas luego del ensayo granulométrico.



Foto N° 25. Clasificación de las partículas del material para afirmado luego del ensayo granulométrico.



Foto N° 26. Inmersión de las muestras para determinar el CBR del material.



Foto N° 27. Muestras húmedas, listas para determinar el CBR del material para afirmado.

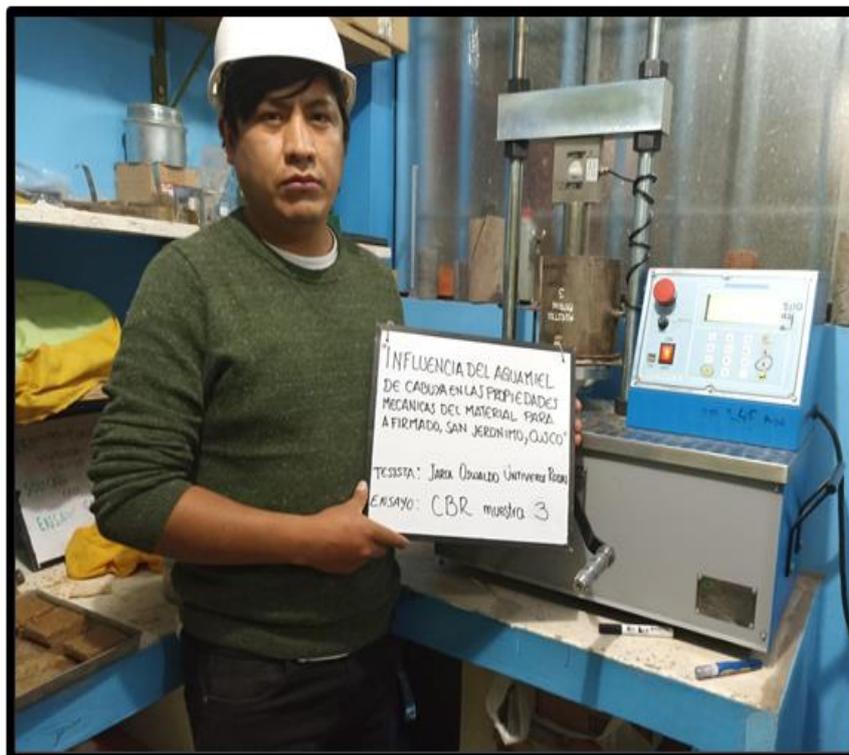


Foto N° 28. Ejecución del ensayo CBR del material para afirmado.