



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Incorporación de polímero acrílico de estireno y
comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera
Negromayo - Espinar 2022**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
Ingeniera Civil**

AUTOR:

Solis Quispe, Maria Elisa Esmeralda (ORCID:0000-0001-7628-8977)

ASESOR:

Msc. Clemente Condori, Luis Jimmy (ORCID: 0000-0002-0250-4363)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

LIMA-PERÚ

2022

DEDICATORIA

La presente investigación se la dedico a mi amada madre Brigida Quispe y mi padre Jorge Solis por impartirme sus valores y apoyarme incondicionalmente durante este proceso.

A mi pareja Clever por su apoyo durante este proceso de elaboración y por impartirme sus conocimientos de manera incondicional.

Esmeralda Solis.

AGRADECIMIENTO

A Dios todopoderoso por permitir que cruzara con éxito cada una de las pruebas que puso en mi camino.

A la Universidad César Vallejo por abrirme sus puertas para continuar con mi proceso de titulación y haberme brindado los conocimientos y enseñanzas para elaborar el presente trabajo.

A mi asesor el Msc. Luis Clemente por la orientación y ayuda que me brindo durante este proceso de titulación.

Esmeralda Solis.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	iv
ÍNDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ABREVIATURAS	x
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I. INTRODUCCIÓN	1
Descripción de la situación problemática.....	2
Formulación del problema.....	3
Objetivos	4
Justificación.....	4
Hipótesis.....	5
Delimitaciones.....	6
II. MARCO TEÓRICO	7
Antecedentes de la investigación.....	7
Bases teóricas.....	12
III. METODOLOGÍA	26
Tipo y diseño de investigación.....	26
Variables y operacionalización.....	28
Población, muestra y muestreo	29
Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	30
Procedimientos.....	32
Método de análisis de datos.....	33
Aspectos éticos.....	44
IV. RESULTADOS	45
V. DISCUSIÓN	66
VI. CONCLUSIONES	69
VII. RECOMENDACIONES	71
REFERENCIAS	72
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Espesor del material de reemplazo, según CBR.....	13
Tabla 2.	Rango de cemento requerido.....	14
Tabla 3.	Particularidades del Cloruro de Sodio.....	15
Tabla 4.	Categorías de la subrasante.	20
Tabla 5.	Relación de tipos de suelo según AASHTO vs SUCS	21
Tabla 6.	Categorización por el tamaño de las partículas	21
Tabla 7.	Clasificación por el Índice de Plasticidad.	22
Tabla 8.	Normativas para límites de consistencia.....	23
Tabla 9.	Normativas para ensayos de laboratorio.....	31
Tabla 10.	Rangos de la validez.....	32
Tabla 11.	Ubicación de calicata N° 01 investigada.	33
Tabla 12.	Características de los tamices,	34
Tabla 13.	Características del Método A.	38
Tabla 14.	Penetraciones.....	41
Tabla 15.	Porcentaje de humedad de M-01 en estado natural.	45
Tabla 16.	Resultado de ensayo granulométrico de C-01.....	46
Tabla 17.	Resumen del análisis granulométrico.	46
Tabla 18.	Clasificación de calicata.....	47
Tabla 19.	Resultados de Límites de Consistencia	48
Tabla 20.	Proctor: densidad y humedad	49
Tabla 21.	Proporciones de polimero acrilico de estireno y agua.....	49
Tabla 22.	Resultados de ensayo CBR M-01.....	50
Tabla 23.	Control del tiempo en el molde para medir su expansión.	51
Tabla 24.	Resultados de ensayo CBR en M-02.....	51
Tabla 25.	Control del tiempo en el molde para medir su expansión.	53
Tabla 26.	Resultados de ensayo CBR con dosificación 4.5l/m ³	53

Tabla 27.	Control del tiempo en el molde para medir su expansión.	54
Tabla 28.	Resultados de ensayo CBR en M-04.	55
Tabla 29.	Control del tiempo en el molde para medir su expansión.	56
Tabla 30.	Resultados de ensayos de CBR en las muestras.	58
Tabla 31.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 3.5).	58
Tabla 32.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 3.5).	58
Tabla 33.	Valores de T y P – Dosis (0 y 4.5).	59
Tabla 34.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 4.5).	59
Tabla 35.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 4.5).	59
Tabla 36.	Valores de T y P – Dosis (0 y 3.5).	59
Tabla 37.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 5.5).	60
Tabla 38.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 5.5).	60
Tabla 39.	Valores de T y P – Dosis (0 y 5.5).	60
Tabla 40.	Resultados de ensayos de CBR en las muestras.	61
Tabla 41.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 3.5).	62
Tabla 42.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 3.5).	62
Tabla 43.	Valores de T y P – Dosis (0 y 3.5).	62
Tabla 44.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 4.5).	63
Tabla 45.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 4.5).	63
Tabla 46.	Valores de T y P – Dosis (0 y 4.5).	63
Tabla 47.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 5.5).	63
Tabla 48.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 5.5).	64
Tabla 49.	Valores de T y P – Dosis (0 y 5.5).	64
Tabla 50.	Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 3.5).	65
Tabla 51.	Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 3.5).	65
Tabla 52.	Valores de T y P – Dosis (0 y 3.5).	65

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Situación de la zona en estudio.	3
Figura 2.	Unión de monómeros formando un polímero.	16
Figura 3.	Estabilización con polímero ecológico.	17
Figura 4.	Partes típicas de un pavimento estabilizado con geo sintético. .	19
Figura 5.	Sección típica de carretera.....	19
Figura 6.	Sinopsis de límites de Atterberg.....	22
Figura 7.	Curva de compactación-resultado Proctor.	23
Figura 8.	Trípode de expansión para CBR con dial.....	24
Figura 9.	Ubicación de la carretera Imata – San Genaro.	29
Figura 10.	Tramo se la carretera del sector Negromayo sin asfaltar.....	30
Figura 11.	Excavación manual de la zona a estudiar.	30
Figura 12.	Estado actual de la carretera.....	32
Figura 13.	Identificación de progresivas y calicata.	33
Figura 14.	Curva de granulometría.....	34
Figura 15.	Tamizado por el lavado de material fino.....	35
Figura 16.	Ensayo Limite Liquido-Ranurado de muestra de suelo.	37
Figura 17.	Prensa CBR digital.	41
Figura 18.	Curva de compactación y resistencia a la penetración.	42
Figura 19.	Penetración vs Esfuerzo.....	43
Figura 20.	Estratigrafía de la calicata C-01	45
Figura 21.	Curva Granulometría de la calicata N° 01.	47
Figura 22.	Resultados de ensayo de Limites de consistencia.	48
Figura 23.	Relación Humedad-Densidad.....	48
Figura 24.	Ensayo CBR en M-01.....	50
Figura 25.	Representación gráfica de resultados CBR en M-01.	50
Figura 26.	Ensayo CBR en M-02.....	52

Figura 27.	Representación gráfica de resultados CBR en M-02	52
Figura 28.	Ensayo CBR en M-03.....	54
Figura 29.	Representación gráfica de resultados CBR en M-03.	54
Figura 30.	Ensayo CBR en M-04.....	55
Figura 31.	Representación gráfica de resultados CBR en M-04.	56

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

INVIAS	Instituto Nacional de Vías
UPB	Universidad Pontificia Bolivariana
CI	Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad
GC	Grava arcillosa.
Párr.	párrafo
Mm.	Milímetros
Máx.	Máximo.
SNIP	Sistema Nacional de Inversión Pública
Et al.	y otros
NP	No plástico
LL	Límite líquido
LP	Límite práctico
IP	Índice de plasticidad
Ge	Grupo experimental
Gc	Grupo control
ASTM	Sociedad Americana para Pruebas y Materiales
INACAL	Instituto Nacional de la Calidad
NTP	Norma Técnica Peruana
SUCS	Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
AASHTO	Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes
MTC	Ministerio de Transportes y comunicaciones
INDECOPI	Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual.
PET	Tereftalato De Polietileno
ICG	Instituto de la Construcción Y Gerencia
IP	Índice de Plasticidad
CBR	California Bearing Ratio
PAE	Polímero Acrílico de Estireno

RESUMEN

El desarrollo de un país se mide por su financiamiento en proyectos que mejoren la calidad de vida de su población. Las obras de infraestructura vial son proyectos costosos por el movimiento de tierras, la ejecución de carreteras nuevas es aún más costosas ya que en muchos casos es necesario la realización de voladuras, por esta razón es necesario buscar nuevas formas para reducir costos en los proyectos sin disminuir la calidad ni afectar la funcionalidad del mismo. El Polímero acrílico de Estireno tiene como finalidad aumentar la capacidad de soporte de los suelos en zonas que soportan climas críticos, por esta razón, se planeó utilizarlo en el presente proyecto de investigación cuyo objeto es el mejoramiento del comportamiento mecánico de la subrasante de la carretera Negromayo con el producto químico denominado polímero acrílico de estireno. El tipo de diseño es experimental ya que se realizaron ensayos de laboratorio para determinar las propiedades físico-mecánicas en estado natural del suelo y también se realizaron ensayos del suelo con la incorporación del polímero acrílico de estireno para determinar el comportamiento mecánico en la subrasante.

Los resultados arrojaron que el suelo natural es A-7-5 según la clasificación AASHTO y CL según la clasificación SUCS, contiene un límite líquido 42.68%, límite plástico 25.06% e índice de plasticidad de 17.62% también arrojó un CBR de 5.56% con una expansión de 1.40% que, según el Manual de suelos, geología, geotecnia y pavimentos, la subrasante tiene la categoría de subrasante insuficiente.

Con la adición del polímero acrílico de estireno en las dosificaciones de 3.5 l/m³, 4.5 l/m³ y 5.5 l/m³ se obtuvo un porcentaje de expansión de 1.34, 0.99 y 0.79 respectivamente y al 95% de la MDS se obtuvo un CBR de 6.50%, 11.44% y 16.76%, por lo tanto, incremento la capacidad de soporte hasta un 201.44% en los resultados de CBR y redujo su expansión en 43.57%. Se concluyó que la proporción óptima de polímero acrílico de estireno es de 3.5 l/m³ debido a que su adición mejoro la condición de una subrasante insuficiente a una subrasante regular.

Palabras claves: Subrasante, suelo areno limo arcilloso, polímero acrílico de estireno, porcentaje de expansión, Relación de soporte de California.

ABSTRACT

The development of a country is measured by its financing of projects that improve the quality of life of its population. Road infrastructure works are costly projects due to the movement of earth, the execution of new roads is even more costly since in many cases it is necessary to blast, for this reason it is necessary to look for new ways to reduce costs in the projects without reducing the quality or affecting the functionality of the same. The Styrene Acrylic Polymer has the purpose of increasing the bearing capacity of soils in areas that withstand critical climates, for this reason, it was planned to use it in this research project whose objective is to improve the mechanical behavior of the subgrade of the Negromayo highway with the chemical product called styrene acrylic polymer. The type of design is experimental since laboratory tests were carried out to determine the physical-mechanical properties in the natural state of the soil and also soil tests were carried out with the incorporation of the styrene acrylic polymer to determine the mechanical behavior in the subgrade. The results showed that the natural soil is A-7-5 according to the AASHTO classification and CL according to the SUCS classification, it contains a liquid limit of 42.68%, plastic limit of 25.06% and plasticity index of 17.62%, it also showed a CBR of 5.56% with an expansion of 1.40%, which, according to the Manual of Soils, Geology, Geotechnics and Pavements, the subgrade has the category of insufficient subgrade.

With the addition of the styrene acrylic polymer in the dosages of 3.5 l/m³, 4.5 l/m³ and 5.5 l/m³, an expansion percentage of 1.34, 0.99 and 0.79 respectively was obtained and at 95% of the MDS, a CBR of 6.50%, 11.44% and 16.76% was obtained, therefore, increasing the bearing capacity up to 201.44% in the CBR results and reducing its expansion by 43.57%. It was concluded that the optimum ratio of styrene acrylic polymer is 3.5 l/m³ because its addition improved the condition from an insufficient subgrade to a fair subgrade.

Keywords: subgrade, silty clay sand soil, styrene acrylic polymer, expansion percentage, California Bearing Ratio.

I. INTRODUCCIÓN

El crecimiento de la población y la mejora de la calidad de vida han sido factores que se fueron relacionando con el tiempo, logrando el nacimiento de la necesidad del transporte y la búsqueda de nuevas oportunidades esto se fue reflejando en las provincias alejadas y de difícil acceso.

Durante décadas la necesidad de transporte y comunicación ha hecho reflexionar a los gobernantes sobre la necesidad de construir carreteras de calidad que cuenten con un correcto mantenimiento para resguardar las necesidades de la población. Inicio con la aparición de la rueda donde las carreteras tuvieron que ser acondicionadas para ser usadas en carruajes que eran jalados por animales o humanos. Entre los años 4,000 y 3,500 a. C. se construyeron las primeras carreteras por los Mesopotámicos, más fue en el año 500 a. C. cuando el Rey de Persia ordeno construir el Camino Real de Persia la cual se convirtió en un boom al conectar dos grandes ciudades, tenía una longitud de 2,957 kilómetros y se estima que su recorrido completo se lograba en un tiempo estimado de 93 días. (Tixce, 2019, párr. 2).

Fue durante la primera y segunda guerra mundial donde se volvió a mencionar la necesidad de construcción de carreteras, sin embargo, no todas las zonas proyectadas contaban con un suelo cuya capacidad de soporte sea el adecuado para su uso como vía, es por ello que se vieron con la necesidad de realizar un análisis de materiales que contribuyan a la estabilización de suelos.

Según la Sociedad Nacional de Minería Petróleo y Energía (2005, párr. 9-10) dice que debido a las necesidades mencionadas anteriormente es que en el Perú en 1992 el Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual (INDECOP) pasó a ser el encargado de aprobar las Normas Técnicas Peruanas a fin de brindar disposiciones mínimas para que un producto cumpla una buena función.

A finales del 2020, la Red Vial Nacional del Perú tuvo 22 436 kilómetros de vías asfaltadas, esta cantidad representa un 84% de total, dejando así un 16% de Red Vial Nacional aun sin pavimentar. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2011, párr. 2).

Cusco por contener uno de las maravillas del mundo: Machu Picchu, tiene gran parte de sus vías asfaltadas, pero algunas provincias le cobran factura, ya sea por

la falta de construcción o de mantenimiento. Su provincia de Espinar, donde debido al alto comercio y a la minería que rodea la provincia contiene vías que necesitan mantenimiento e incluso existen lugares donde la capa de rodadura es una capa de afirmado. En el distrito de Condorama de la misma provincia se vino ejecutando un gran proyecto de Infraestructura vial el cual debido a las altas temperaturas y al tipo de suelo tuvo dificultades durante su ejecución. En el abra del sector Negromayo, el material de la vía no cumple con las especificaciones mínimas para ser considerado como un suelo estable, es por ello que se da lugar a la búsqueda de procedimientos que mejoren su estabilidad.

El tipo de material de un suelo y el clima en zonas a más de 4 mil metros sobre el nivel del mar, hacen que sea difícil la ejecución de proyectos, por ello se propuso la adición del polímero acrílico de estireno ya que hace más rápida la ejecución de proyectos de infraestructura vial y su incorporación en suelos mejora considerablemente su capacidad de soporte y cumple con los requisitos planteados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

El comportamiento de un suelo con la adición de un estabilizante químico se analiza mediante ensayos de laboratorio cuyos resultados deben cumplir los requisitos mínimos otorgados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC), por ello se realizó una investigación para examinar los resultados de laboratorio con la incorporación del polímero acrílico de estireno.

Descripción de la situación problemática.

La falta de mantenimiento en las vías cuyos factores climáticos son críticos, hacen que la vida útil o tiempo de vida proyectada para una carretera disminuya y comience mostrando deformaciones producto del material arcilloso que viene perjudicando el tránsito y también a los vehículos que vienen transitando por la vía. La carretera de Arequipa a Cusco que pasa por la provincia de Espinar a lo largo de los años ha generado un incremento de tráfico, debido al crecimiento y demanda que conlleva una población. La carretera a lo largo de los años se constituyó por una capa de afirmado haciendo de este necesario un constante de mantenimiento anual.

En la actualidad gran parte de esta ruta se encuentra asfaltada, sin embargo, el distrito de Condorama muestra desde la progresiva 68+000 hasta la progresiva 73+300, una capa de afirmado sin asfaltar.

Este tramo ha venido causando dificultad para ser cruzado, como se muestra en la figura 1, el factor climático hace difícil el mejoramiento de la vía, la conformación arcillosa de la capa de afirmado ha venido provocando dificultad en el transporte interprovincial debido a la constante erosión del suelo y como consecuencia daños en los vehículos que son un sustento para sus respectivos dueños. Entonces, se encuentra en la necesidad de utilizar diferentes métodos de estabilización para que la subrasante pueda soportar la carga vehicular que transita por la zona.

Un polímero conocido es el polietileno, que es el producto más producido y destacado a nivel mundial, sin embargo, debido al exceso y a los residuos del mismo que vienen perjudicando el ecosistema es que en el Perú se vio en la necesidad de crear la Ley N° 30884 que regula el consumo de plástico.

El polímero acrílico de estireno se utilizó en esta investigación como estabilizante químico en la subrasante de la carretera Negromayo y mediante ensayos de laboratorio se verificó que adiciona propiedades que mejoran al suelo y que cumplen con el Ministerio de Transportes y Comunicaciones para ser usado como subrasante.



Figura 1. *Situación de la zona en estudio.*
Fuente: Elaboración propia.

Formulación del problema.

Problema general.

¿Cómo la incorporación de polímero acrílico de estireno podría mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo?

Problemas específicos:

- ¿Con la incorporación del polímero acrílico de estireno se incrementarían los niveles de consistencia del CBR en la subrasante de acuerdo a las especificaciones requeridas en la norma del MTC?
- ¿Con la incorporación del polímero acrílico de estireno se produciría bajos niveles en porcentaje de expansión en la subrasante de la carretera Negromayo?
- ¿Cuál es la dosificación óptima de polímero acrílico de estireno que modificaría positivamente el comportamiento de la subrasante sujetos a las especificaciones mínimas requeridas en la norma del MTC?

Objetivos.

Objetivo general

Mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante de la carretera Negromayo por medio de la incorporación de polímero acrílico de estireno.

Objetivos específicos:

- Incrementar los niveles de consistencia del CBR en la subrasante de acuerdo a las especificaciones requeridas en la norma del MTC a través de la incorporación del polímero acrílico de estireno.
- Producir bajos niveles del porcentaje de expansión de la subrasante de la carretera Negromayo mediante la incorporación del polímero acrílico de estireno.
- Modificar positivamente el comportamiento de la subrasante sujetos a las especificaciones mínimas requeridas en la norma del MTC por medio una dosificación óptima de polímero acrílico de estireno.

Justificación.

La investigación que se realizó tiene una justificación práctica, puesto que el tramo de vía investigado se encuentra en una zona de intervención de obra de pavimentación, sin embargo, la ejecución se viene realizando desde el año 2015 y a la fecha (10/05/2022) no se culminan los trabajos de pavimentación. Esto debido

a que el tramo investigado cuenta con una capa de subrasante de características inestables (con alto contenido de arcilla); dificultando el avance de la obra.

La adición de polímero acrílico de estireno en la capa de subrasante es una forma de estabilización química y tiene un aporte en la obtención de datos y resultados donde se puede cuantificar el grado de estabilización de la capa de subrasante. Además, esta tesis ofrece información para futuras investigaciones del rubro de estabilización de suelos en zonas donde el factor climático es crítico.

Esta investigación se realizó en la provincia de Espinar – Cusco donde el clima es altamente agresivo por su altura de cuatro mil seiscientos cincuenta y cuatro metros sobre el nivel del mar (m.s.n.m.) (Condorama, [2021?], párr. 2), que como consecuencia el suelo se encuentra en intemperismo agresivo haciendo de esta investigación relevante obtener conocimientos sobre el comportamiento de esos suelos frente a la estabilización.

Hipótesis.

Hipótesis general.

La consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita su incorporación en el suelo, de esta manera beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Negromayo, Espinar.

Hipótesis específica:

- La incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante incrementa los niveles de consistencia del CBR a un porcentaje mayor de 6% para ser aceptada por el MTC.
- La incorporación del polímero acrílico de estireno en la subrasante de la carretera Negromayo lo convierte en un suelo poco permeable por consiguiente reduce el porcentaje de expansión del suelo.
- Una proporción de 3.5 litros de polímero acrílico de estireno por metro cubico de suelo aumenta la resistencia y cumple con las especificaciones requeridas por el MTC para ser usado como subrasante.

Delimitaciones.

Delimitación Espacial.

Esta investigación se desarrolló desde la progresiva 68+000 a la 69+500 tramo correspondiente en la carretera del sector Negromayo, ubicado en el distrito de Condorama, provincia de Espinar, región del Cusco.

Delimitación Temporal.

La investigación se desarrolló en un periodo de 4 meses, iniciando en febrero de 2022 y culminando en mayo de 2022. Estos meses son los más críticos en la zona de estudio, tomando como referencia la situación climática y geográfica del sector.

II. MARCO TEÓRICO

Previo al desarrollo de este proyecto de investigación se realizaron investigaciones las cual se detallan en los antecedentes siguientes:

2.1. Antecedentes de la investigación.

Internacionales.

Canaria e Ivan (2020), determinaron en su investigación “Estudio de estabilización de material para la conformación de afirmado en terraplenes del municipio de la primavera – vichada, mediante la adición de polímeros sintéticos ecológicos” como requisito fundamental para ser nombrado como Ingeniero Civil en la Universidad Distrital Francisco José de Caldas, cuyo objetivo fue la evaluación de la estabilización del material extraído del afirmado en terraplenes donde se utilizó polímeros sintéticos ecológicos, donde luego de aplicar pruebas experimentales se concluyó que el material sin alterar no cumple con las normas INVIAS 2013 para la conformación de afirmado en Colombia por ende se procedió a adicionar NANO TRACK, que aumentó significativamente la capacidad de soporte hasta un 80%, se hicieron ensayos donde se determinó una dosificación de 1.2L/m³ un CBR de 12.19% logrando cumplir con las normas INVIAS 2013.

Benitez y Rojas (2019), presentaron el repositorio “Comparación del método de estabilización iónica con otros métodos realizados en la UPB” como requisito fundamental para ser nombrado como Ingeniero Civil, publicada en la Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, cuyo objetivo general la comparación resultados de los ensayos antes y después de estabilizar el material considerando el cumplimiento de los parámetros del Instituto Nacional de Vías, cuyo método experimental lograron llegar a la conclusión de que el suelo en estudio en estado natural es arcilloso, también se realizaron ensayo de laboratorio para determinar las propiedades físicas y mecánicas antes de la adición y después de la adición del estabilizante iónico con un porcentaje de 5.5%, 6% y 6.6%. De esta manera Benítez y Rojas pudieron establecer que el porcentaje óptimo de estabilizante BioCEC es de 6.6% y reduciendo los costos de ejecución como de los materiales.

Aicamaña (2017), elaboró el proyecto de investigación sobre el “Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales” presentado como requisito fundamental para ser nombrado como ingeniero civil en su casa de estudios Universidad Técnica de Ambato, cuyo objetivo general el estudiar el comportamiento de la estabilidad y flujo de las muestras compactadas, con mezcla asfáltica a base de polímero y mezcla asfáltica tradicional y cuyo nivel de investigación aplicada le permitió llegar a la conclusión de que luego de trabajar con un porcentaje de 1, 2 y 3% de polímeros PET, se estableció que con una adición de 1% de porcentaje en volumen se obtuvieron mejores resultados.

Zambrano y Casanova (2016), cuyo repositorio “Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (cl) y grava arcillosa (gc)” presentado como requisito fundamental para ser nombrado como ingeniero civil en la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, tuvo como objetivo estabilizar un suelo arcilloso y una grava arcillosa mediante el uso de polímeros, cuyo método experimental logro llegar a la conclusión de que el uso de polímeros L y M si estabiliza este tipo de suelos en estado natural, también resaltaron la disminución de costos en mano de obra y materiales de 12%. Se determinó que la dosificación optima de contenido es de 1.25% pues presenta un incremento en la resistencia.

Aguilar y Borda (2015), con su investigación en el repositorio “Revisión del estado de arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos” para obtener el título de Ingeniero Civil, presentada en la Universidad Santo Tomas, tuvo como objetivo general el realizar una búsqueda sobre el estado del arte de la técnica de utilización de polímeros en el mejoramiento de suelos, a nivel nacional e internacional y el método de investigación experimental le permitió llegar a las siguientes conclusiones: aunque varias empresas recomiendan el uso de cal el mejoramiento de la subrasante en suelos arcillosos, estos resultados solo las estabiliza a largo plazo, por ello es recomendable utilizar un producto adicional como Base Seal; Una alternativa viable para el mejoramiento de suelos puede ser el uso de agentes químicos habituales y ser combinados con algún aditivo polimérico, pues esta

combinación permite acelerar el proceso de fraguado, aumentando así las propiedades físico-químicas de este.

Nacionales.

Arellan y Oscco (2021), en su proyecto de investigación “Diseño estructural del pavimento flexible aplicando la Estabilización Química con el Polímero Acrílico de Estireno para la subrasante, Huarochirí 2021” presentado como requisito fundamental para ser nombrado como ingeniero civil en la Universidad César Vallejo, planteo el objetivo general indicar la forma en la que influye la variable independiente (Polímero Acrílico de Estireno) sobre la variable dependiente (subrasante) y en el diseño estructural de pavimento flexible, cuya metodología correlacional permitió llegar a la conclusión de que la aplicación de 4.2, 6.1 y 8.2l/m³ de polímero acrílico de estireno aumentó de forma directa el CBR del suelo estudiado (areno limoso no plástico) obteniendo valores 46%, 49% y 54% con una proporción de 8.2l/m³ de polímero acrílico de estireno, presentando un incremento considerable de CBR, pues en estado natural tenía un valor inicial de 43%. Con el CBR de 54% el diseño estructural arrojó una sub base de 0 m de espesor, también la base de 0.18cm y la carpeta de rodadura de 0.09 m cuyas deducciones disminuyen considerablemente el costo del proyecto en S/. 151 604.64.

Guzmán (2019), elaboró el repositorio sobre la “Evaluación de resistencia a nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria - 2019” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Particular de Chiclayo, tuvo como finalidad la evaluación de la resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria 2019, cuya metodología de investigación aplicada y descriptiva permitió llegar a la conclusión, el suelo in situ sin alteraciones no cumple con lo requerido para ser utilizado como subrasante, por ello con la adición de polímeros PET se mejoraron las propiedades físicas del suelo, con una adición de 1.5% del peso seco del suelo el CBR incremento en un 26%, debido a que el PET es un material resistente, produce que el suelo genere fricción y ayuda a aumentar la resistencia al corte, además se redujo la formación de estringita ocasionado por la cal y sulfatos de arcilla.

Lomparte y Sanchez (2019), en su repositorio “Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al centro poblado Tangay - Nuevo Chimbote – Santa” para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional del Santa, tuvo como objetivo la evaluación del comportamiento técnico-ambiental de la carretera de afirmado con la aplicación del polímero estabilizador en emulsión mencionado y realizar un análisis económico comparativo, con y sin la aplicación del polímero estabilizador, cuya metodología analítica permitió obtener como conclusión luego de aplica una dosis de 0.4% y 0.6% del peso de material, se generó un aumento significativo de CBR (California Bearing Ratio) hasta del 300% con respecto a la muestra de suelo sin la incorporación del polímero, también este aditivo es rentable puesto que en la ejecución de esta carretera no se controla la polución, el movimiento de tierras genera mayores costos y pese a la incorporación de cemento no se vieron resultados satisfactorios, por ende este aditivo pretende reducir esos costos.

Cruzado (2019), en su proyecto de investigación “Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La Oroya” cuya elaboración fue fundamental para optar el título de Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo, tuvo como objetivo general la evaluación de la incidencia de la adición de cal en la subrasante planteada en suelos de la carretera del puente Ricardo Palma - La Oroya, cuyo aplicación del método experimental logro llegar a la conclusión donde establece que la adición de cal en un 5.5% aumento el CBR (California Bearing Ratio) inicial en un 9% para así no requerir material de préstamo, por lo tanto, la adición de cal revela que los suelos mejoran sus características físicas-químicas.

Calle y Arce (2018), Elaboraron el proyecto de investigación sobre la “Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional” presentado como requisito fundamental para ser nombrado como Ingeniero Civil, presentado en la Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa, tuvo como objetivo el

mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante para ser usada como base luego de la adición de polímero acrílico, donde por método experimental llego a la conclusión: quedo demostrado que el con una adición de $\frac{1}{2}$ de polímero con respecto al contenido óptimo de humedad, luego de los ensayos se encontró un aumento de hasta 110% del valor inicial de CBR, también Se realizó el análisis de costos unitarios para el pavimento estabilizado, teniendo en cuenta el contenido óptimo de polímero, obteniendo un aporte unitario de 3.48 l/m². La adición del polímero beneficia en costos, pues reduce en S/. 25,040.33 lo que simboliza un 33% de reducción en costos.

Humpiri (2018), en su repositorio “Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo Aggrebind para estabilizar suelos en la calle los eucaliptos, en el distrito de Chaclacayo-Lima-2018” para optar por el título de Ingeniero Civil, presentado en la Universidad Privada Telesup, cuyo objetivo es analizar el mejoramiento del pavimento flexible con la aplicación del aditivo y cuyo diseño experimental permitió a Humpiri llegar a la siguiente conclusión: luego de la evaluación PCI que arrojó un resultado de 16 y con los resultados de laboratorio se puede decir que la adición del polímero mejora la resistencia y la durabilidad del pavimento flexible, los resultados de laboratorio arrojaron una resistencia de 98.4%, siendo factible económicamente.

Mena (2018), en su repositorio “Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2018” presentado como requisito fundamental para ser nombrado como Ingeniero Civil en la Universidad César Vallejo y la finalidad de este estudio fue determinar los beneficios estructurales que genera la adición del estabilizador y el sellante con las propiedades del suelo. Mediante el diseño experimental se llegó a la conclusión de que los beneficios son: La mejora de las propiedades geotécnicas, mejoramiento de la rigidez, compresibilidad, permeabilidad y estabilidad. Luego de los ensayos con los aditivos se obtuvo un CBR de 41.2% con 2 litros por m³ se concluyó que el aditivo no llego a influir en la resistencia.

2.2. Bases teóricas.

Estabilización.

Braja (2013) dice que la estabilización de suelos sigue una serie de pasos para modificar las características ingenieriles del suelo y/o realizarlo a un precio económico y con una optimización en la gestión de calidad (p. 266). La forma más usada de estabilizar suelos se da por estabilización química y mecánica.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), reafirma sobre las formas de mejorar el suelo con una alteración en las propiedades químicas, físicas y mecánicas, menciona materiales que contribuyen al mejoramiento del suelo (p. 89).

El Manual de carreteras, suelos y pavimentos propone diferentes opciones que ayudan a mejorar los resultados de un suelo inestable.

Martínez y Olaya (2018) mencionan que estabilizar los suelos con un producto industrial ayuda a reducir los costos de ejecución de proyectos. Reducir los costos de ejecución promueve la ejecución de más proyectos y generando más empleos. Es común que un suelo contenga vacíos, la estabilización planea eliminar estos vacíos mediante la compactación, sin embargo, existen suelos que luego de ser compactados continúan teniendo una capacidad portante baja, lo cual durante o después de la ejecución de un proyecto genera deformaciones en la vía causando su deterioro.

La estabilización física se puede dar de varias formas como:

Sustitución de suelos. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014) menciona que durante la ejecución de una subrasante mejorada se pueden presentar dos escenarios, uno donde se coloque en contacto directo con el material natural y otro donde se deba excavar y ser sustituido por el material de complemento, en ambos casos la compactación es el paso más importante. El espesor de reemplazo “se aplicará solo en casos de sub rasantes Insuficientes, con suelos de plasticidad media, no expansivos y con valores soporte entre $CBR \geq 3\%$ y $CBR < 6\%$ ” (p. 95), donde en la tabla 1 se muestran los espesores recomendados para este intervalo de CBR.

Combinación de suelos. Generalmente extraídos de una cantera, que en combinación con el suelo in situ se convierten en estables y aptos para soportar carga.

Tabla 1. *Espesor del material de reemplazo, según CBR.*

Tráfico		Espesor de Reemplazo con Material CBR>10% (m)
0	25, 000	0.25
25, 001	75, 000	0.30
75, 001	150, 000	0.30
150, 001	300, 000	0.35
300, 001	500, 000	0.40
500, 001	750, 000	0.40
750, 001	1, 000, 000	0.45
1, 000, 001	1, 500, 000	0.55
1, 500, 001	3, 000, 000	0.55
3, 000, 001	5, 000, 000	0.60
5, 000, 001	7, 500, 000	0.60
7, 500, 001	10, 000, 000	0.65
10, 000, 001	12, 500, 000	0.65
12, 000, 001	15, 000, 000	0.65
15, 000, 001	20, 000, 000	0.70
20, 000, 001	25, 000, 000	0.75
25, 000, 001	30, 000, 000	0.75

Fuente: MTC (2014, p. 96)

Estabilización mecánica, donde su finalidad es convertir un suelo inestable en estable sin modificarlo estructural ni molecularmente. Esta modificación se suele realizar con compactaciones in situ con el rodillo a fin de disminuir el volumen de vacíos.

La compactación aumenta la densidad, también disminuye la dilatación ya que los suelos cohesivos tienen a dilatarse en los espacios vacíos, el cambio más perceptible con la compactación es la reducción de los hundimientos.

Leon (2016), menciona las formas de compactación:

Amasado: Los equipos están constituidos básicamente por rodillos de pata de cabra, donde la compactación se realiza de abajo hacia arriba, originando una mayor presión en el lecho inferior. Se utilizan para suelos finos (cohesivos).

Impactos de carga: Se utilizan pisones los cuales combinan el impacto, la vibración y el mezclado; son perfectas para áreas confinadas y se utilizan para compactar suelos finos.

Presión estática: Con rodillos lisos y neumáticos que combinan utilizan la acción de amasado con el peso estático.

Vibración: Se usan los rodillos vibratorios para ayudar al reacomodo de las partículas.

Métodos mixtos: Es la combinación de los anteriores procedimientos. (p. 23).

Según Leon (2016, p. 25), presenta la estabilización química como la incorporación de “agentes estabilizantes químicos específicos; comúnmente se usa cal, asfalto, cemento portland, entre otros”. Así mismo el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, p. 118) reafirma a la “cal, cemento, escoria, cloruro de sodio (Sal), calcio o magnesio u otros” como estabilizadores químicos.

Por otro lado, la Norma Técnica de Estabilizadores Químicos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2004) indica que este tipo de estabilización parte de la adición o incorporación de un aditivo químico, y deberá ser mezclado junto a el suelo a optimizar. La finalidad de este estabilizador es cambiar positivamente el comportamiento del suelo frente a los ensayos para ser aprobados.

Se considera al cemento como estabilizador luego de ser incorporado a un suelo, junto con el agua, para proceder a su compactación y curado, para convertir el suelo en uno duro y que pueda soportar las cargas vehiculares. La norma ya estableció la dosificación de cemento requerido según la clasificación del suelo, tal como se observa en la tabla 2.

Tabla 2. Rango de cemento requerido.

Porcentaje del peso de los suelos	Clasificación AASHTO
3 - 5	A-1-a
5 - 8	A-1-b
5-9	A-2
7-11	A-3
7-12	A-4
8-13	A-5
9-15	A-6
10-16	A-7

Fuente: MTC (2014, p. 99)

Sobre la cal, es muy común estabilizar suelos con cal, porque los iones de la cal se adhieren a las partículas del suelo, dicho material tiene la característica principal de ser incorporada al suelo con agua y solidificarse en el aire. Se recomienda su uso en suelos con alta plasticidad o limos.

Braja (2013, p. 270) menciona que las cenizas volantes son polvos finos granulados, junto con la cal hidratada pueden ser utilizados para estabilizar a base o sub-base de un suelo de infraestructura vial.

En el manual dado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, p. 101) da a conocer que el Cloruro de calcio también puede ser incorporado a un

suelo inestable pues gracias a sus propiedades conserva la saturación en la superficie.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, p. 101), dice que el cloruro de sodio se emplea en suelos donde el polvo es difícil de controlar y en zonas secas, pues debido al calor es difícil mantener la humedad en el suelo. La particularidad en términos generales del cloruro de sodio se encuentra en la tabla 3.

Tabla 3. Particularidades del Cloruro de Sodio

Características	Intervalos (%)
Cloruro de sodio	98.000 - 99.700
Humedad	2.000 - 3.600
Materia Insoluble	0.007 - 0.175
Ion calcio	0.035 - 0.910
Ion magnesio	0.002 - 0.074
Ion sulfato	0.125 - 0.355
Tamiz N° 4	20 - 55
Tamiz N° 16	50 - 70
Tamiz N° 60	13 máx.

Fuente: MTC (2014, p. 101)

El cloruro de magnesio como un estabilizante que incrementa la tensión superficial, haciendo que la carpeta asfáltica será más resistente. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, p. 102) dice que la principal característica del cloruro de magnesio es el brindar características más efectivas al suelo que el cloruro de calcio, gracias a sus propiedades incrementa la resistencia de la superficie de rodadura o del terreno afirmado.

Según Menéndez (2016, p. 24) menciona que la estabilización con emulsión asfáltica puede ser contraproducente debido al tiempo de vida de los materiales: agua, suelo y líquido asfáltico, puesto que luego de alcanzar los máximos valores de resistencia, el tiempo tiende a disminuir estos resultados.

Polímeros.

(López et al., 2010, p. 160-170) etimológicamente polímero significa “muchas partes” estas sustancias al unirse tienen un considerable peso atómico y son llamados monómeros puesto que contienen una composición básica, de esta manera forman enormes moléculas cuya forma puede ser vista como cadenas de escalera largas y sueltas como el ejemplo de la figura 2. Los altos polímeros

sintéticos son conocidos como plásticos, en ocasiones también son llamados resinas sintéticas.

Por esta razón se dice que el polímero genera cambios positivos en los suelos inestables, con resultados más eficientes y económicos que los suelos no modificados. Suele ser una solución para la construcción de obras viales donde el alto contenido de tránsito vehicular perjudica la estructura. Se tienen los:

- Polímeros naturales. Este tipo de polímeros son extraídos directamente del medio ambiente, el más conocido es el caucho natural.
- Polímeros Artificiales. Los polímeros artificiales pasan por procesos químicos, puede ser la etonita, nirocelulosa, etc.
- Polímeros sintéticos. Estos polímeros son producidos de forma industrial a partir del natural.

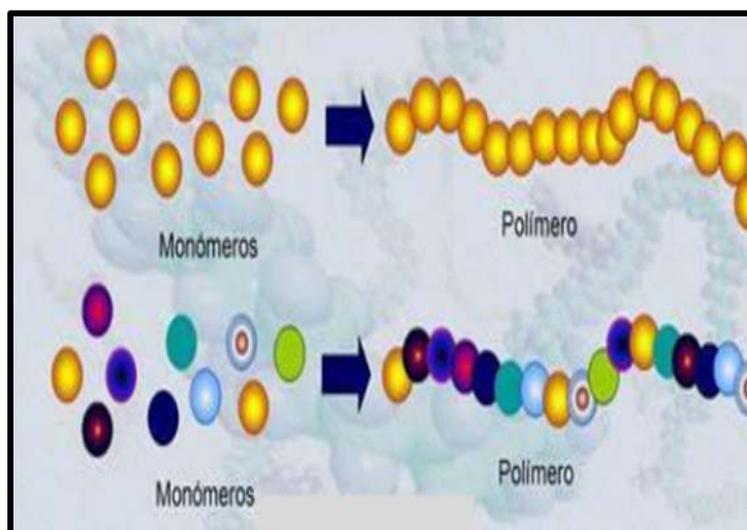


Figura 2. Unión de monómeros formando un polímero.

Fuente: Exposición de Age Ecovias Perú en la Universidad de Lima (2019)

Polímero acrílico de Estireno

Pereira y Carvalho (2021) mencionan que este polímero tiene una consistencia líquida y cuando se mezcla con agua y es adicionado a un suelo inestable, mejora sus propiedades, trayendo grandes beneficios como la reducción del costo de movimiento de tierras.

El Ingeniero Bazán (2019) menciona que el aditivo puede trabajar en diferentes partes del país, siempre y cuando tenga un nivel de plasticidad menor a 15 y un contenido de finos adecuado, por ellos el aditivo no necesita extraer de canteras material de préstamo, de ser necesario se puede agregar material fino para mejorar

el refuerzo. La figura 3 muestra un ejemplo de estabilización de suelos con nanotecnología de emulsión ecológica de polímero.

Pereira (2021, p.5) dice que el polímero acrílico de estireno es económico, controla la exposición del polvo mejorando la salud de los trabajadores que lo trabajan y por ende también es eco amigable. Mejora la resistencia y carga del suelo, mejora su resistencia a la tracción.



Figura 3. *Estabilización con polímero ecológico.*
Fuente: (Aguilar y Borda, 2015, p. 89)

Características de los Polímeros.

El polímero acrílico de estireno como estabilizante de la subrasante genera:

- Beneficios costo y mano de obra, ya que no necesita mano de obra especializada y debido a sus propiedades beneficia e la reducción del costo en la partida movimiento de tierras.
- Beneficia en el tiempo de ejecución de un proyecto, normalmente demora años la ejecución de una obra de infraestructura vial, sin embargo, luego de la incorporación del polímero en la superficie se puede habilitar la vía luego de 2 horas de secado.
- Controla el polvo, cuidando al personal y reduciendo enfermedades respiratorias.
- Es ecológico, se puede plantar encima de un suelo estabilizado.
- Aumenta la capacidad portante del suelo natural.
- Son a prueba de agua y de derrames químicos.

- Resiste temperaturas de -57°C hasta 163°C.
- Puede ser utilizado en cualquier tipo de suelo.
- El agua utilizada para mezclar no debe exceder el 4% de salinidad.

Una de las desventajas de este producto es que no puede ser usado en suelos con alto contenido de grava y debe tener un curado mínimo de dos horas, también, en caso de que el clima no esté a favor y el suelo estabilizado se llegue a mojar con lluvia antes de cumplirse las dos horas de curado, podría tener como consecuencia la reducción de los beneficios resistentes.

Según AggreBind (2022), el suelo que se desea estabilizar deberá tener un volumen mínimo de 35% de material fino y deberá pasar por el tamiz N° 200 estos resultados se deben obtener previamente con el Estudio de suelos.

Pavimentos

El Ingeniero Menéndez (2016, pp. 35) define el pavimento como “un conjunto de procesos físicos, relacionados con los factores climáticos que actúan sobre un pavimento en un contexto geológico y geomorfológico dado”. Entonces, las condiciones climáticas juegan un papel importante mediante su interacción con el pavimento, la humedad y el clima pueden afectar a las propiedades del pavimento y de la subrasante.

Los efectos mencionados perjudican la subrasante, debido a que la superficie de rodadura entra en contacto directo con el tránsito vehicular, esta transporta estas cargas a la subrasante. La norma peruana establece requisitos que debe cumplir una subrasante para ser utilizada como tal, en caso no cumpla con los requisitos, deberá ser reemplazada o mejorada. La figura 4 muestra las partes de un pavimento estabilizado con geo sintéticos y la figura 5 muestra una sección típica de carretera.

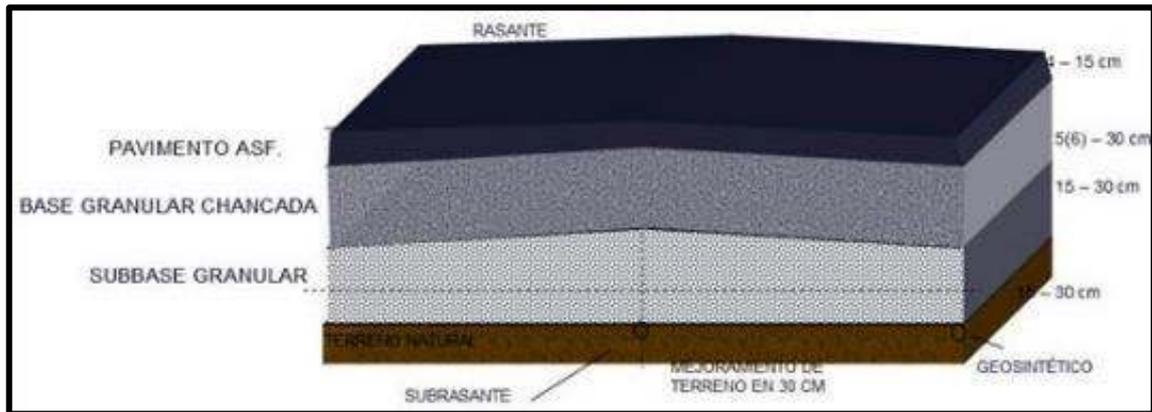


Figura 4. Partes típicas de un pavimento estabilizado con geo sintético.
Fuente: La librería del Ingeniero.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2004, p. 10), dice que debido a que la carpeta asfáltica soporta el tránsito vehicular es necesario que la carpeta asfáltica comúnmente se construya con sustancias pétreas y asfalto, y será resistente al deslizamiento, abrasión, al desgaste y a cualquier agente externo.

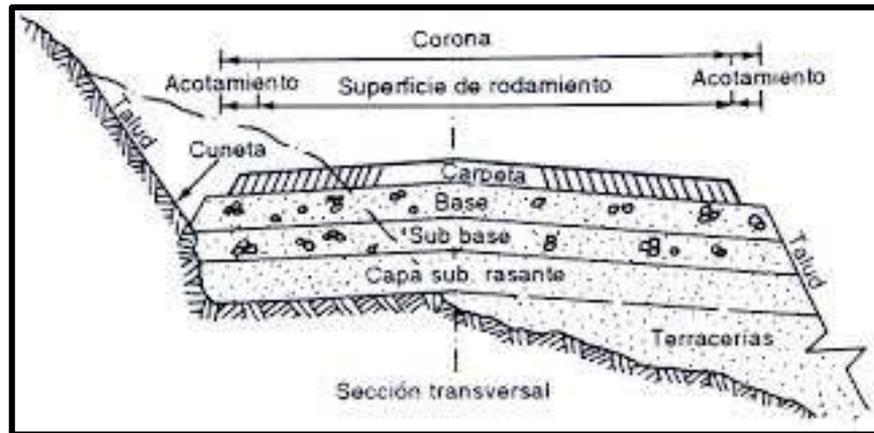


Figura 5. Sección típica de carretera.
Fuente: (Moreno, 2013)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2004, p. 10), menciona que la base es de uso estructural y su grosor depende del diseño, su ubicación está entre la carpeta y la sub base. Por otro lado, la sub base es una capa de uso estructural, se encuentra por encima de la subrasante y por debajo de la base.

Subrasante.

(Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p. 12) mediante la plataforma SNIP indica sobre la subrasante que es una capa natural que sostiene la base, sub-base y la carpeta asfáltica. La resistencia de una subrasante influye en los espesores de

las demás capas, de esta manera la tabla 4 clasifica por categorías el tipo de subrasante que se asigna a un suelo con respecto a su CBR.

Tabla 4. Categorías de la subrasante.

Categorías de Subrasante	Intervalos del CBR (%)
S ₀ : Inadecuada	< 3
S1: insuficiente	De 3 a 6
S2: Regular	De 6 a 10
S3: Buena	De 10 a 20
S4: Muy Buena	De 20 a 30
S5: Excelente	≥ 30

Fuente: MTC (2014, p. 37)

Es necesario describir un suelo iniciando por su clasificación. Debido a la diversidad de suelos que existe en el mundo, se creó la clasificación AASHTO y la clasificación SUCS, cada clasificación muestra una tabla que describe mediante la granulometría y los límites de consistencia la tipología del material trabajado.

Los suelos cohesivos a diferencia de los granulares tienen partículas pequeñas y suficiente arcilla para que se aglutine a sí mismo. Mientras más cohesivo mayor será la cantidad de arcilla.

Para la Ingeniería civil, al encontrarse con un suelo cohesivo en el terreno de ejecución se brindan dos posibles soluciones, estabilizar o reemplazar, ya que hacen que sea más difícil de trabajar, sobre todo si su ubicación se encuentra por encima de los 4600 metros sobre el nivel del mar donde la combinación de este suelo con el clima, hace que den paso a las paralizaciones de obra.

Suelo expansivo.

La clasificación de un suelo expansivo tiene tres rangos. La expansión será baja cuando el porcentaje expansivo es menor a 1.5%, por otro lado, si se la expansión se encuentra en un rango de 1.5 a 5% se considera un suelo de expansión media. En caso de encontrar un rango mayor, es decir, entre 5 y 25% se le llama suelo altamente expansivo. En caso de encontrar un porcentaje mayor a 25 se considerará un suelo de expansión elevada.

Ensayos de laboratorio.

La clasificación del suelo se puede realizar por el Sistema AASHTO que es más conocido como Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y

Transportes; y por el Sistema SUCS más conocido como el sistema Unificado de Clasificación del suelo. La tabla 5 muestra la relación que tienen ambas clasificaciones.

Tabla 5. Relación de tipos de suelo según AASHTO vs SUCS

AASHTO	SUCS
GW, GP, GM, SW, SP y SM	A - (1) - a
GM, GP, SM, SP	A - (1) - b
GM, GC, SM, SC	A-(2)
SP	A-(3)
CL, ML	A-(4)
ML, MH, CH	A-(5)
CL, CH	A-(6)
OH, MH, CH	A-(7)

Fuente: MTC (2014, p. 35)

La prueba granulométrica determina de acuerdo a la clasificación SUCS o AASHTO el tipo de material que se trabaja, donde los diferentes tamices retienen una cantidad de volumen que es expresado en porcentaje para que mediante las dos formas de clasificación que se detallan en la tabla 5 se determine la clasificación del material. Esta metodología se realiza bajo la MTC E 107.

Luego del tamizado del material, se pesa la cantidad que quedo en cada tamiz y llenar una tabla, donde se extrae la masa retenida, masa total de la muestra y el porcentaje retenido acumulado, seguidamente se remplazados en la fórmula que se detalla en la parte de procedimientos.

El tamaño de la partícula establece el tipo de material por el que se conforma un suelo como se detalla en la tabla 6. Luego de este ensayo se puede elaborar el perfil estratigráfico.

Tabla 6. Categorización por el tamaño de las partículas

Tamaño de partícula (mm)	Material	
75.00 - 4.75	Grava	
4.75 - 2.00	Gruesa	Arena
2.00 - 0.425	Media	
0.425 - 0.075	Fina	
0.075 - 0.005	Limo	Material Fino
< 0.005	Arcilla	

Fuente: MTC (2014, p. 35)

La humedad del material se representa en porcentaje (%) por la división entre el peso total del agua que contiene la muestra y el peso de la parte solida de la muestra. Esta prueba se realiza de acuerdo a la MTC E 108.

La imagen 6 muestra una explicación resumida sobre los límites de Atterberg.

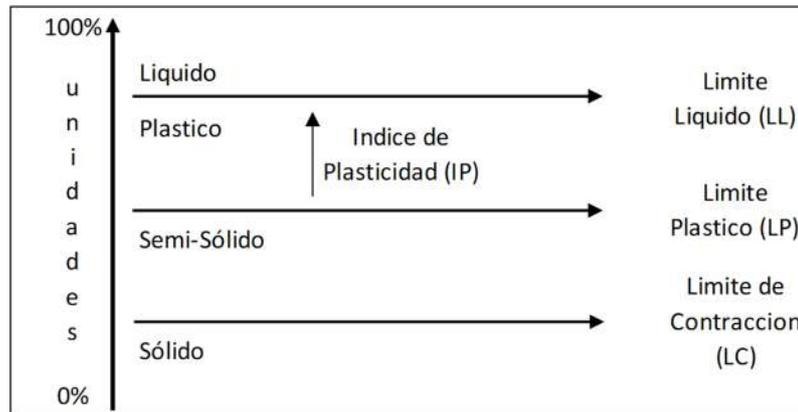


Figura 6. Sinopsis de límites de Atterberg.

Fuente: Elaboración propia.

Para la determinación del índice de plasticidad el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014, p. 33) menciona que el índice de plasticidad propone valores máximos y mínimos de humedad y que su valor clasifica la consistencia plástica del suelo. Se muestra en la tabla 7 la categorización de un suelo a partir del IP brindando una característica general.

El índice de plasticidad depende de los valores de Límites de Atterberg, no obedece de la cuantía de material grueso, básicamente solo obedece la cuantía de material fino que contenga el suelo, ya que genera enlaces entre los materiales cuando se encuentra húmedo, por ello el índice de plasticidad representa la estabilidad de un suelo.

Tabla 7. Clasificación por el Índice de Plasticidad.

Valores del IP	Plasticidad	Característica del suelo
> 20	Alta	Muy arcillosos.
≤ 20 > 7	Media	Arcillosos.
< 7	Baja	Poco arcillosos plasticidad.
0	No Plástico	Exentos de arcilla.

Fuente: MTC (2014, p. 34)

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), establece que los límites de consistencia cuantifican la cohesión de los suelos, es decir, el contenido de humedad cuando se agrieta (Límite plástico), el contenido de humedad cuando la muestra aún puede ser moldeable (Límite Líquido) y el límite de contracción. En la tabla 8 se mencionan los ensayos para cada una.

Tabla 8. Normativas para límites de consistencia.

Normas	Nombre de las Normas
MTC. E. 110	Determinación del Límite Líquido de los suelos
MTC. E.111	Determinación Límite Plástico e Índice de Plasticidad de los suelos
MTC. E. 112	Determinación de los factores de contracción de los suelos

Fuente: Elaboración propia.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016, p.105), sobre el ensayo de compactación proctor que determina la correlación entre la densidad seca y la humedad óptima para controlar la compactación de un suelo a partir del porcentaje de humedad, tales resultados se graficaran en una curva de compactación como se observa en la imagen N° 07.

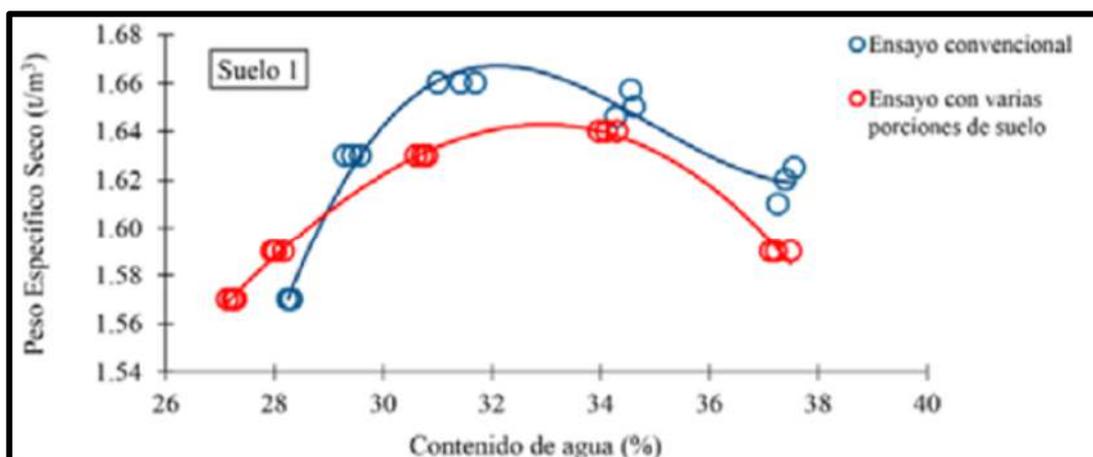


Figura 7. Curva de compactación-resultado Proctor.

Fuente: Hernández, Mora y Munguía (2020, p. 3)

Según la ASTM el método usado en el ensayo deberá escogerse entre los siguiente: El método A se utiliza cuando menos del 25% del volumen utilizado se retienen en el tamiz N° 04, del mismo se tomará la muestra para el ensayo. El molde que se utiliza es de 101.6 milímetros de diámetros (4 pulgadas), se realiza la compactación en 5 capas de 25 golpes cada una; Se utiliza el método B cuando más del 25% del volumen total utilizado se retiene en el tamiz N° 04 o cuando es igual o menor del 25% es retenido en el tamiz de 3/8 pulgadas. En este caso se utilizará la muestra que sea retenida en la malla de 3/8 de pulgada. El diámetro del molde será igual al del método A, así como el número de capas y la cantidad de

golpes y el método C se utiliza cuando más del 25% del volumen total utilizado en la granulometría es retenido por el tamiz de 3/8 de pulgadas y cuando menos del 30% es retenido por el tamiz de 3/4 pulgadas. La muestra para en ensayo de compactación debe pasar por la malla de 3/4 de pulgadas. El molde utilizado tendrá un diámetro de 152.4 milímetros. El ensayo será realizado en 5 capas de 56 golpes cada una. (American Society for Testing and Materials, 2021)

El ensayo CBR se realiza para determinar la capacidad portante del suelo por ello es uno de los ensayos más significativos de penetración.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), establece que se deberá realizar el programa de pruebas para determinar el CBR, quien deberá estar alusivo “al 95% de la Densidad Máxima Seca y a una penetración de carga de 2.54 milímetros” (p. 37).

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), menciona sobre la expansión de un suelo que es el porcentaje de expansión, ya que luego de ser sumergido en agua, este comienza su expansión vertical. Sera vertical pues horizontalmente su expansión se encuentra restringida por el molde metálico en el que se encuentra (p. 256). Para determinar la expansión del suelo se coloca por encima del molde sumergido en agua un trípode que sostiene un deformímetro (dial) (figura N° 8) que mide en milímetros la expansión vertical del material.



Figura 8. *Trípode de expansión para CBR con dial.*

Fuente: Lab. De suelos (2020) en valor relativo de soporte y expansión de suelos.

El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014. p. 39) establece que “el Módulo de Resiliente se usa directamente en el diseño de pavimentos flexibles; y,

para el diseño de pavimentos rígidos, debe convertirse a módulo de reacción de la sub rasante (valor k)".

Son pocos los laboratorios que brindan este tipo de ensayos por ello se correlaciona con el CBR. Este ensayo se realiza con la norma MTC E 128.

La Guía AASHTO, recomienda que se use la correlación del módulo resiliente con el CBR, siempre y cuando se trate de un suelo fino y cuente con un $CBR \leq 10\%$.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación.

Tipo de investigación

Para Hernandez, Fernandez y Baptista (2004) “La investigación es un conjunto de procesos sistemáticos y empíricos que se aplican al estudio de un fenómeno” (p. 22).

Ya que el enfoque es cuantitativo, Cívicos y Hernández (2007) mencionan que la investigación de tipo aplicada se identifica por la forma de examinar el entorno social, previamente considerando la rapidez en la solución de los problemas sociales de interés científico. “Sus descubrimientos se aplican para crear, desarrollar o mejorar estrategias y actuaciones concretas de acción social. El ámbito más frecuente de este tipo de investigaciones es el institucional u organizativo” (p. 38).

Según estas definiciones esta investigación es aplicada porque mediante la experimentación y aplicación se corrobora que el polímero aplicado ayuda en la estabilización de la subrasante.

Diseño de investigación.

Hernandez, Fernandez y Baptista (2004) lo definen como la táctica para conseguir todos los datos que se necesiten para responder a las preguntas del problema (p. 158). En otras palabras, buscar en proyectos de investigación como tesis, paper, revistas científicas, etc., la mayor información que se necesite para corroborar la hipótesis y determinar su asertividad.

Hernandez, Fernandez y Lucio (2004) describen que el diseño experimental generalmente se aplica cuando se realizara una manipulación de las variables para observar todos los resultados posibles (p. 159).

$$\begin{array}{l} \text{GE (A): } Y_1 \implies X \implies Y_2 \\ \text{GC (A): } Y_3 \implies X' \implies Y_4 \end{array}$$

Dónde:

GE: Conjunto experimental

GC: Conjunto control

X:	Variable independiente
X':	Tratamiento convencional
Y ₁ al 4:	Prueba previa

Entonces, de acuerdo a la premisa anterior establecemos que el diseño es experimental porque que se realiza una manipulación o experimentación con las variables y esta experimentación genera resultados los cuales ayudan a determinar si la hipótesis es verdadera o falsa.

Método de la investigación.

(Sullcaray, 2013) El método experimental trabaja directamente sobre la variable independiente cuya observación permite determinar sus impactos en la variable dependiente, bajo escenarios de máxima rigurosidad posible en el control, para evitar variaciones por parte de otras variables, en los resultados (p. 24).

El método de investigación se refiere a la táctica que se eligió para conseguir los objetivos. Por ello este proyecto utiliza el método hipotético deductivo porque se aplica el método científico con la formulación de la hipótesis y con los resultados se deducen que la hipótesis es correcta.

Nivel de la investigación

Los autores Hernandez, Fernandez y Baptista (2004), establecen que la finalidad de una tesis es hallar la relación entre las variables, a veces las investigación es solo tienen dos variables y se representan como en la figura 7, sin embargo, existen investigación donde relaciona tres variables como en la figura 8, pero en caso de que sean más de tres variables se representa como la figura 9 (p. 105).

Luego de observar el lugar donde se desarrolló este estudio se continuo con la descripción problemática. Seguidamente se relacionaron las variables, donde por medio de experimentos se desarrollaron las respuestas a los problemas y se determinó la veracidad de la hipótesis.

El nivel de esta investigación es correlacional, porque la hipótesis es una predicción al planteamiento del problema y porque existe una relación de las variables que se pueden cuantificar.

3.2. Variables y operacionalización.

Las variables que se utilizaron en el estudio son:

Variable Independiente: Polímero acrílico de estireno

Definición conceptual: Departamento de Química Física (2015) define el polímero acrílico como la unión de finitas moléculas se conocen como monómeros, sus formaciones tienen una estructura similar a la forma de cadenas, sin embargo, algunos pueden tener ramificaciones y todos parecen simples fideos, por esta razón se les conoce como "macromoléculas" (p. 3).

La Real Academia Española (2021) define el acrílico como un material plástico obtenido por ácido acrílico. (párr. 1).

Definición operacional: Para establecer la cantidad o dosificación de polímero acrílico de estireno para mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante se realizarán ensayo de CBR y proctor, la forma de incorporación del polímero se obtuvo de la empresa AggreBind.

Variable Dependiente: Subrasante

Definición conceptual: El Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016) define la subrasante como la capa que sostiene directamente la estructura del pavimento, se encuentra en empalme directo con el terraplén, se encarga de recibir el peso que soporta la superficie de rodadura (p. 1041).

Definición operacional: Para obtener las características generales del terreno en estado natural, se realizaron ensayos según la norma MTC E 107, MTC E 110, MTC E 111, MTC E 116, MTC E 132, MTC E 108.

El Anexo 2 muestra el cuadro de operacionalización de variables, donde se detallan las dimensiones, indicadores y la escala de medición de la variable dependiente y de la variable independiente.

3.3. Población, muestra y muestreo

Población.

Hernandez, Fernandez y Baptista (2004) denomina población o universo, a todos los elementos que tienen características similares y pueden ser medibles en la zona que se estudiara y en una fecha establecida.

De acuerdo a la premisa anterior se eligió como población la carretera Imata-San Genaro con una longitud total de 153 570 kilómetros cuya ubicación se muestra la figura 9.



Figura 9. Ubicación de la carretera Imata – San Genaro.
Fuente: (MTC, 2016)

Muestra.

Hernandez, Fernandez y Baptista (2004) la denomina como una parte que simboliza la población. Comúnmente se determina la muestra mediante una inferencia estadística, existen dos tipos que son la probabilística y la no probabilística.

Entonces con esta definición se escogió como muestra no probabilística la subrasante cuya capa de afirmado se encuentra en el sector Negromayo, distrito de Condoroma, Provincia de Espinar-Cusco cuyo tramo va desde la progresiva 68+000 a la 69+500 teniendo una distancia total de 1,500 metros cuyo tramo se demuestra en la figura 10.



Figura 10. Tramo de la carretera del sector Negromayo sin asfaltar.
Fuente: Elaboración propia.

Muestreo.

La unidad de análisis de investigación será: 1,000 metros de material afirmado de la carretera Imata – San Genaro. Seleccionado con la técnica de Muestreo no probabilístico - propositivo porque se escogió solo el tramo que cumple con los requisitos para cumplir mi objetivo de estudio. (Hernandez, Fernandez y Baptista, 2004, p. 562). En la muestra representativa se busca el mejoramiento de su estabilidad contrastado por el resultado de los ensayos. La figura 11 representa la ubicación de la primera calicata que sería la elegida para extraer muestra, sin embargo, no fue elegida puesto que contenía una cantidad de 65% de finos demasiado alta que no cumplía con los parámetros para ser utilizada como subrasante, por esta razón se realizó una segunda calicata.



Figura 11. Excavación manual de la zona a estudiar.
Fuente: Elaboración propia.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

(Hurtado, 2020, p. 164), de esta forma se determinará el proceso y la forma para obtener toda la información que se requiere para resolver los problemas de investigación “los instrumentos dependen del tipo de evento estudiado y su diseño se basa en los indicios del evento”.

Técnica de observación

Hurtado (2020, p. 449) señala que la observación consiste en mediante los sentidos recopilar toda la información para absolver los problemas de la investigación. Se llama observación porque no se manipularán o modificarán las variables.

La aplicación de esta técnica permitió estudiar la variable dependiente antes y después de su modificación con la variable independiente. La información recabada se encuentra citada en Referencias bibliográficas.

Instrumentos

Los instrumentos que se utilizaron son: Manuales del MTC, cuaderno de campo, mapa, GPS, herramientas manuales, dispositivos multimedia, equipos de laboratorio, manuales de laboratorio y equipos y programas de cómputo.

Gracias a los manuales del MTC y la bibliografía vigente, se realizaron los ensayos detallados en la tabla 9.

Tabla 9. Normativas para ensayos de laboratorio.

Normativa	Nombre de las Normas
MTC E 107 / ASTM D-422	Análisis Granulométrico por Tamizado
ASTM D-2487	Clasificación SUCS
ASTM D-3282	Clasificación de suelos AASHTO
MTC E 108 / ASTM D-2216	Contenido de humedad
MTC E 110 / ASTM D-4318	Límite Líquido
MTC E 111 / ASTM D-4318	Límite Plástico e Índice de Plasticidad
MTC E 116 / ASTM D-1557-78	Proctor Estándar
MTC E 132 / ASTM D-1883	California Bearing Ratio (CBR)

Fuente: elaboración propia.

Validez

Los instrumentos que se utilizaran para determinar la validez de la hipótesis se validaron mediante el juicio de expertos previa evaluación de la matriz de

consistencia la operacionalización de variables. Los rangos y la interpretación de cada uno se encuentran en la tabla 10.

Tabla 10. Rangos de la validez.

Rango	Validez
≤ 0.53	Nula
> 0.54 y < 0.59	Baja
> 0.60 y < 0.65	Valida
> 0.66 y < 0.71	Muy valida
> 0.72 y < 0.99	Excelente validez
≥ 1.00	Validez perfecta

Fuente: elaboración propia.

Confiabilidad

Se refiere al nivel de confianza que el lector le brinde a la investigación plasmada a fin de obtener una información confiable, por esta razón se utilizaron programas como Autocad 2D, Autocad Civil 3D, SPSS, MiniTab 20, Gnuplot, Google Earth Pro y Microsoft Excel.

3.5. Procedimientos

El tramo del sector Negromayo de la vía 34E tiene un ancho de vía transitable de 6.60m, un ancho de berma 0.90m a cada lado y cuenta con cunetas de 1.05x0.30m cuyo estado actual se muestra en la imagen 12.



Figura 12. Estado actual de la carretera.

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la exploración de la zona de estudio se procedió con la identificación de la zona más crítica que se encuentra entre las progresivas 68+000 a la 69+500 donde por el manual de carreteras de suelos, geología y pavimentos se determinó, por la longitud del tramo, la excavación de la calicata N° 01 de 1.00x1.00m cuya ubicación se detalla en la tabla 11 y su ubicación se muestra en la figura 13.

Tabla 11. *Ubicación de calicata N° 01 investigada.*

	UTM		Profundidad
C-01	267993	8315875	1.50 m

Fuente: elaboración propia.

La excavación se dio lugar con la ayuda de herramientas manuales.



Figura 13. *Identificación de progresivas y calicata.*

Fuente: Elaboración propia.

Luego de la excavación se prosiguió con la extracción de la muestra y su traslado al laboratorio de suelos.

Granulometría.

Siendo el ensayo granulométrico uno de las pruebas iniciales que se realizan a los suelos, cuya finalidad es caracterizar el suelo. Depende de la cantidad que se retiene en cada tamiz cuya abertura es diferente.

Se representa de forma analítica, mediante el porcentaje de masa retenida por cada tamiz respecto a la masa total obtenida después de realizar el tamizado.

Se representa mediante una gráfica donde las abscisas tienen una escala logarítmica y representa la abertura del tamiz en milímetros, por otro lado, el eje de

las ordenadas representa la masa que pasa por cada tamiz en porcentaje, la figura 14 muestra una representación de la gráfica en mención.

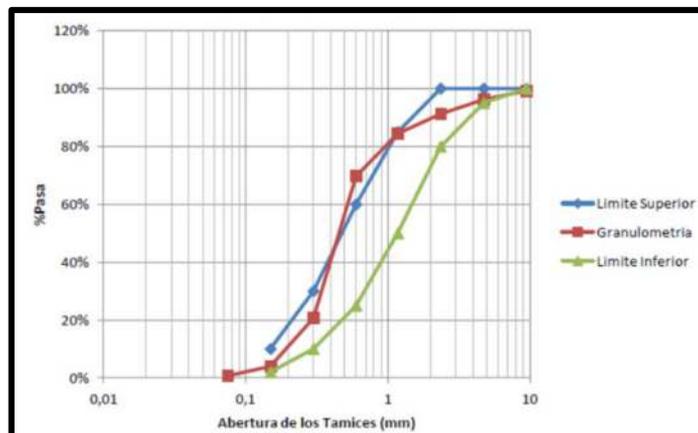


Figura 14. Curva de granulometría.
Fuente: (Quevedo, 2013)

Al realizar el proceso de análisis granulométrico se puede distinguir rango de partículas según el tamaño, como se detalla:

Grava : Partículas cuyo tamaño es mayor que 4.76 mm (N° 4)

Arena : Partículas menores que 4.76 mm y mayores que 0.075 mm (N° 200)

Limo y arcilla : Partículas menores que 0.075 mm (N° 200)

La tabla 12 muestra detalla la abertura de cada tamiz por donde pasa la muestra de suelo.

Tabla 12. Características de los tamices,

Tamices	Abertura (mm)
3"	75000
2"	50800
1 1/2"	38100
1"	25400
3/4"	19000
3/8"	9500
N° 4	4760
N° 10	2000
N° 20	0,840
N° 40	0,425
N° 60	0,260
N° 140	0,106
N° 200	0,075

Fuente: MTC E 107.

Para este ensayo fue necesario mezclar bien la muestra de suelo y hacerlo secar a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Luego de colocar los tamices en orden decreciente de acuerdo a la dimensión de su abertura, se procedió a agregar la muestra seca por la parte superior y realizar el tamizaje manual. Para el caso del material fino se tamizo por lavado como se demuestra en la figura 15.



Figura 15. Tamizado por el lavado de material fino.
Fuente: Elaboración propia.

Para los cálculos mediante una balanza se pesó cada cantidad retenida por el tamiz y se escribieron los resultados en una tabla de Excel, incluyendo los resultados del lavado de material fino, para el cálculo del porcentaje retenido, pasante y pasante acumulado.

Los resultados fueron analizados por la fórmula siguiente:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en tamiz}}{\text{Peso total de muestra}} \times 100$$

$$\% \text{ Pasante} = 100 - \% \text{ Retenido Acumulado}$$

De esta manera se calculó el porcentaje total que pasa y retiene cada tamiz.

Clasificación del suelo.

La importancia de las propiedades físicas del suelo se ve reflejado en los aspectos físicos del suelo estos se clasificaron según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) y según el sistema Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).

Cada sistema cuenta con estándares establecidos que fueron utilizados para la clasificación del suelo.

Contenido de humedad.

La humedad natural del suelo es el porcentaje de agua existente en el terreno de estudio, lo cual es muy importante determinar para posteriores diseños y construcción de algún objeto de estudio.

Luego de la extracción de esta muestra se envolvió en plástico hermético para conservar la humedad natural del suelo. En laboratorio para el secado de la muestra se sometió al horno para secarse, permaneció a una temperatura de 110 ± 5 °C, a un tiempo de 12 a 16 horas tal como menciona la Norma MTC E 108.

La fórmula del contenido de humedad está dada por la siguiente expresión:

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo seco}} \times 100$$

$$\text{Contenido de humedad (\%)} = \frac{W_{DSH} - W_{DSC}}{W_{DSC} - W_D} \times 100$$

W_{DSH} : Masa de depósito más suelo húmedo.

W_{DSC} : Masa del depósito más suelo seco.

W_D : Masa del depósito.

Límites de Consistencia.

Límite Líquido

El límite líquido se puede distinguir cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado líquido. Según Crespo (2004), define sobre el límite líquido “como un porcentaje de humedad con respecto al peso seco de la muestra” (p.70).

De acuerdo a los ensayos se puede determinar el límite líquido en un valor numérico, es decir se puede determinar el contenido de humedad respecto al peso seco de la muestra pasante el tamiz N° 40, para lo cual generalmente se utiliza la Copa de Casagrande (figura 16) que consiste en separar la pasta en dos mitades y dejar caer la copa, la altura de la caída es de 1 cm con una velocidad de dos caídas por segundo, hasta ver cerrar la separación o la ranura realizada anteriormente, tal como menciona la Norma el MTC E 110.

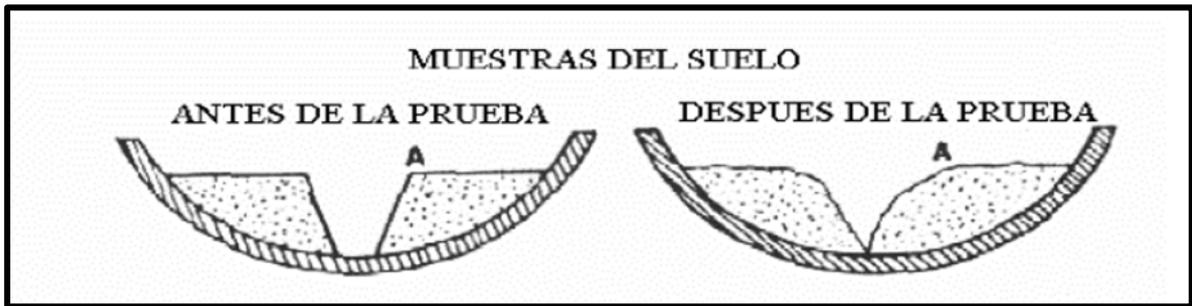


Figura 16. *Ensayo Límite Líquido-Ranurado de muestra de suelo.*

Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2006).

Se colocó la muestra húmeda en la copa, se limpió el exceso y con un acanalador se dividió la muestra de la copa, quedando una ranura como se ve en la figura 16. Se procedió a levantar la copa y soltar entre 1.9 a 2.1 golpes por segundo hasta que se unan ambos lados. En una tabla Excel se registró el número de golpes por cada ensayo y el suelo contenido en la copa se dividió en 3 partes iguales, donde se extrajo la parte del medio, siendo pesado y llevado al horno. Se realizaron 3 ensayos iguales.

Límite Plástico

Para la determinación del límite plástico se emplea la muestra de suelo pasante del tamiz N° 40, o la sobra del material realizado en el ensayo del límite líquido, el cual se le evapora la humedad por mezclado hasta tener una muestra plástica.

Se formaron pequeñas barras de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro de una muestra de suelo, en una superficie de vidrio esmerilado y con agua destilada. El proceso se realizó empleando la palma de las manos, visualizando que las barras se rompan aproximarse a un diámetro de 1/8" para llevarlos al horno y ponerlos secar para obtener el contenido de humedad.

Hubo barras que quedaron divididas en 6 mm de longitud por ello se consideraron suelos muy plásticos, también existieron barras que se rompieron en trozos menores de 6 mm de longitud, por ello se consideran suelos plásticos.

Índice de plasticidad.

Se calcula por la diferencia del límite líquido y el límite plástico.

$$\text{Índice de plasticidad} = \text{Límite Líquido} - \text{Límite Plástico}$$

Cabe mencionar que el límite líquido y límite plástico son valores enteros.

Proctor.

Es una prueba para determinar la relación entre el Contenido Óptimo de Humedad y el peso unitario seco del suelo. Las propiedades granulométricas del suelo fueron un factor importante para elegir el ensayo proctor estándar que consta de tres métodos, según el MTC E 116. Se empleó el método A por las características granulométricas del material.

El método A se utiliza cuando menos del 20% del volumen utilizado se retienen en el tamiz N° 04, del mismo se tomará la muestra para el ensayo. El molde que se utilizó es de 101.6 milímetros de diámetros (4 pulgadas), se realiza la compactación en 3 capas de 25 golpes cada una.

Para el secado de la muestra, por ser un suelo arcilloso, se partió en trozos cuidadosamente sin alterar la granulometría y paso a través del tamiz N° 4.

Se procedió a agregar al suelo seco, agua, verificando que se distribuya de forma uniforme, para cada ensayo se agregó entre 2 y 4%.

Se procedió a extraer datos como el peso y volumen del molde sin collarín y se le coloca antes de continuar con el ensayo.

Seguidamente se colocó la muestra en el molde cuya cantidad de capas, golpes y características generales de este método de detallan en la tabla N° 13.

Tabla 13. Características del Método A.

Especificaciones	Método A
Diámetro del molde	101.6 mm
Volumen del Molde	943.0 ± 14 cm ³
Peso del pistón	10 ± 0.02 libras
Altura de caída del pistón	18 ± 0.05 pulgadas
N° de golpes por capa	25
N° de capas de compactación	3
Energía de compactación	12 400 pie-lbf/pie ³

Fuente: American Society for Testing and Materials (2021)

Luego de compactar la última capa se quitó el collarín y se realiza el enrasamiento con una regla metálica. Se procedió a limpiar el molde y se pesó el suelo húmedo compactado.

Seguidamente se extrajo la parte intermedia de suelo que se encuentra en el molde, se pesa el recipiente y se pesa el suelo húmedo compactado extraído del molde. Luego de registrar los datos se llevó al horno el recipiente con el suelo húmedo

compactado y se repitió 4 veces el procedimiento. No se utilizó 2 veces el suelo compactado en los ensayos.

Después de extraer el depósito del horno se procedió a pesar y registrar el valor.

Con los resultados se procedió a calcular la densidad húmeda, contenido de humedad y la densidad seca para cada ensayo con las siguientes formulas.

Para la determinación de la densidad húmeda para la muestra:

$$\gamma_m = \frac{M_c}{V}$$
$$M_c = M_{SC} - M_M$$

Dónde:

γ_m : Densidad húmeda del suelo.

V: Volumen del molde (cm³).

M_{SC} : Masa del suelo compactado más la masa del molde (gr).

M_M : Masa del molde (gr).

Para la determinación de la determinación del contenido de humedad:

$$w (\%) = \frac{M_{SHD} - M_{SSD}}{M_{SSD} - M_D} \times 100\%$$

Dónde:

w: Contenido de humedad (%).

M_{SHD} : Masa del suelo húmedo en el depósito (gr).

M_{SSD} : Masa del suelo seco en el depósito (gr).

M_D : Masa del depósito (gr).

Para la determinación de la determinación de la densidad seca:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w(\%)}{100}}$$

Dónde:

γ_d : Densidad seca (gr/cm³).

γ_m : Densidad húmeda del suelo (gr/cm³).

w: Contenido de humedad (%).

Con los datos calculado se comenzó con la creación de la curva donde las abscisas son el contenido de humedad y las ordenas representar la densidad seca, representado en el grafico aritmético. El punto más alto de la curva dibujada

representa la densidad seca máxima en las ordenadas y en las abscisas representa el contenido de humedad óptimo.

Dosificación de polímero acrílico de estireno y agua

Para el cálculo de la dosificación de polímero acrílico de estireno y agua se realiza con los valores del óptimo contenido de humedad y la densidad máxima seca.

$$A = B \cdot \gamma_{PAE} \cdot 1000$$
$$Y = \frac{A \cdot M}{DMS}$$

Dónde:

B: Proporción requerida de polímero acrílico de estireno (L/m³)

γ_{PAE} : Densidad del polímero acrílico de estireno (1.03 kg/cm³)

Y: Cantidad de polímero acrílico de estireno que se debe usar.

M: Suelo utilizado en campo (kg)

DMS: Densidad máxima seca del suelo natural.

La cantidad obtenida de “Y” se redondeó al inmediato superior, debido a la pérdida que se genera durante el mezclado de agua y polímero, esta disolución se realizó en un recipiente para tener una mezcla homogénea de polímero y agua.

California Bearing Ratio (CBR)

Se utilizó: Prensa CBR digital, molde en forma de disco de 6”, collarín suplementario del molde, disco espaciador, discos de papel filtro, pesas, placa base, pisón de compactación, pisón de penetración, tanque de agua, horno, balanza, juego de tamices, cuarteador, espátula y probeta.

Con cada muestra se realiza el cuarteo para obtener una muestra representativa del material, seguidamente se colocó en un horno microondas para secar la muestra y eliminar rastro de humedad en ella.

Se trabajó con la misma muestra que se obtuvo en el ensayo proctor y se adiciona 5 kilogramos.

Se obtiene el peso del molde y se calcula el volumen del mismo, así mismo, del ensayo proctor se obtuvo el contenido de humedad óptimo, entonces se adiciona a la muestra seca ese peso en agua. Se debe humedecer uniformemente.

Se coloca el disco espaciador dentro del molde.

Luego de obtener la mezcla húmeda se divide en 5 capas y se coloca en el molde cada una acompañada de 55 golpes.

Luego de terminar el proceso de compactación se extrae el collarín superior y se enrasa la muestra.

Al momento de extraer el collarín debe hacerse con cuidado porque suele dejar espacios vacíos que se deben rellenar con el enrasamiento. Se procede al pesaje del molde con el material enrasado, luego se extrae el disco espaciador y se voltea la muestra, dejando un espacio vacío en la parte superior, donde se colocarán los anillos que simulan el peso del asfalto luego de ajustar los tornillos.



Figura 17. Prensa CBR digital.
Fuente: Elaboración propia.

Seguidamente se recomienda marcar la posición del deformímetro antes de sumergir la muestra en agua. Se sumerge la muestra durante 96 horas, posteriormente se saca la muestra para realizar la prueba de penetración en la maquina CBR Tester (figura 17) para la obtención de la curva del CBR. La velocidad de penetración de la maquina es de 1.27mm/min y se registran las lecturas. La tabla 14 muestra los valores para el ensayo.

Tabla 14. Penetraciones.

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

Fuente: MTC E 132.

El ensayo de penetración es una de las pruebas más importantes, lo cual da a conocer la calidad de resistencia que tiene el suelo con fines de poder intervenir en el terreno mediante diseños estructurales y posibles construcciones.

El grafico que ira arrojando es similar al de la figura 18.

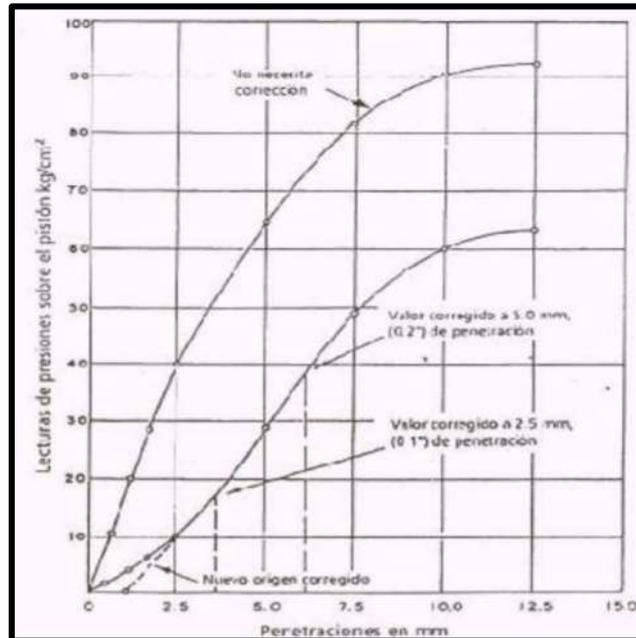


Figura 18. Curva de compactación y resistencia a la penetración.
Fuente: (Universidad Nacional de Ingeniería, 2016)

Mediante la aplicación de la formula ara calcular la densidad seca mínima del suelo se procede a calcular la densidad máxima seca del suelo.

$$\gamma_d = \left(\frac{W_1 - Mm}{Vm} \right)$$

$$\gamma_{d \max} = \left(\frac{W_2 - Mm}{Vm - (f_c \times A \times (L_i - L_f))} \right)$$

Dónde:

γ_d : Densidad máxima seca del suelo.

W_1 : peso del molde más el suelo (gr.)

W_2 : peso del molde más el suelo vibrado (gr.)

V_m : Volumen del molde (cm^3)

A : área del molde (cm^2)

f_c : factor de corrección de diales (valor = 1/10)

L_i : promedio de lecturas de dial inicial

L_f : promedio de lectura de dial final

Estas fórmulas se resuelven de manera inmediata por el programa Excel. Con los datos de contenido de humedad óptimo se procede al desarrollo del gráfico de penetración versus esfuerzo como se detalla en la figura 19.

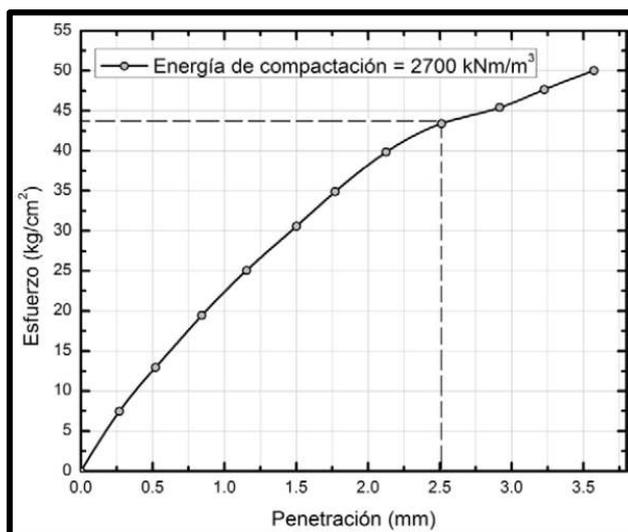


Figura 19. Penetración vs Esfuerzo.
Fuente: (Oyola, 2016, p. 7)

Expansión.

Este ensayo se realizó durante el proceso de sumersión del suelo, donde con la ayuda del deformímetro se extrajeron datos cada 0, 24, 48, 72 y 96 horas, siendo 4 días de evaluación.

Se extrajeron los datos en milímetros y se calculó el porcentaje de expansión con la siguiente formula:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_f - L_0}{127} \times 100\%$$

Dónde:

L_f : Lectura final del deformímetro (mm).

L_0 : Lectura inicial del deformímetro (mm).

3.6. Método de análisis de datos.

Los resultados de los estudios de laboratorio fueron analizados de forma numérica y fueron obtenidos bajo las normas MTC, NTP y ASTM. El avance de la ciencia permitió la utilización de softwares como: Microsoft Excel, SPSS, Autocad 2D,

Autocad Civil 3D, Google Earth Pro, MiniTab 20 y para el procesamiento de datos: cuadros estadísticos y perfil estratigráfico.

3.7. Aspectos éticos

Según el artículo 9 del código de ética de la Universidad César Vallejo (2017, p. 5), menciona la responsabilidad, donde detalla que el investigador debe presentar pruebas para comprobar que el estudio cumple con los requisitos éticos, legales y de seguridad.

La fuente bibliográfica de todo el contenido del estudio se encuentra dentro del mismo para su revisión con el programa Turnitin y de esta manera se verificará la originalidad del trabajo. Es importante rescatar que no se alterara el medio ambiente con los materiales.

Se siguieron las normas aprobadas por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Luego de la extracción de la muestra, se realizaron ensayos con la presencia de un ingeniero especializado quien aprobara los resultados.

IV. RESULTADOS

Para el cumplimiento de todo lo planificado en el proyecto de investigación se procedió con el procedimiento de la excavación de la calicata C-01 y la extracción de las 4 muestras que fueron llevadas a laboratorio de suelos donde se realizaron los ensayos correspondientes, dichos resultados se detallan en este capítulo.

Por el método de observación directa se determinó el perfil estratigráfico en la zona elegida como muestra la figura 20.

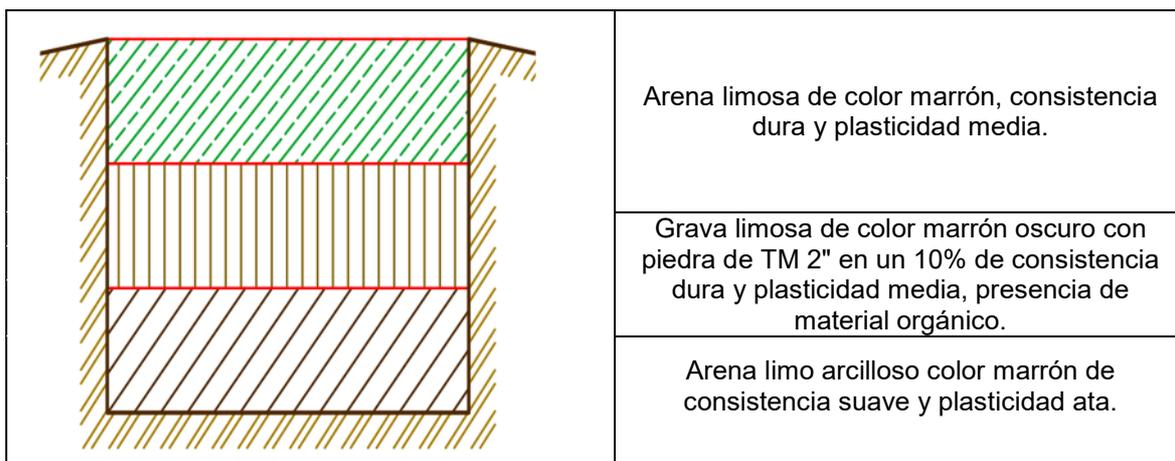


Figura 20. Estratigrafía de la calicata C-01

Fuente: elaboración propia.

4.1. Suelo en estado natural: Contenido de Humedad.

Se determinó el contenido de humedad del suelo en su estado natural, cuyo resultado reporta 47.37% por el cual se considera un suelo saturado.

Tabla 15. Porcentaje de humedad de M-01 en estado natural.

Muestra 01	1
Masa de recipiente (gr)	47.05
Masa de recipiente + muestra húmeda (gr)	153.7
Masa de recipiente + muestra seca (gr)	119.42
Masa de la muestra húmeda (gr)	106.65
Masa de la muestra seca (gr)	72.37
Masa del agua (gr)	34.28
Contenido de Humedad (%)	47.37

Fuente: elaboración propia.

4.2. Suelo en estado natural: Granulometría por tamizado

Como se observa en la tabla 16 la muestra M-01 de la calicata C-01 presenta una alta cantidad de material fino que pasa por la malla 200.

Tabla 16. Resultado de ensayo granulométrico de C-01.

MALLA ASTM	ABERTURA (mm)	% Retenido	% Acumulado	% Pasante
>3"	100.000			
2 1/2"	63.000			
2"	50.000	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	100.00
1/2"	12.500	0.33	0.33	99.67
3/8"	9.500	0.26	0.59	99.41
N° 4	4.750	2.31	2.90	97.10
N° 10	2.000	3.58	6.48	93.52
N° 20	0.840	6.08	12.56	87.44
N° 40	0.425	6.00	18.57	81.43
N° 50	0.300	4.19	22.75	77.26
N° 100	0.150	7.45	30.20	69.80
N° 200	0.075	6.22	36.42	63.58

Fuente: elaboración propia.

Los resultados de la tabla anterior se resumen con la tabla 17 y la clasificación de suelos según el sistema AASHTO y SUCS se muestran en la tabla 18. La figura N° 21 resumen los datos de ambas tablas con la Curva Granulométrica.

Tabla 17. Resumen del análisis granulométrico.

Material Grava	Material Arena	Material Fino
2.9%	33.52%	63.58%

Fuente: elaboración propia.

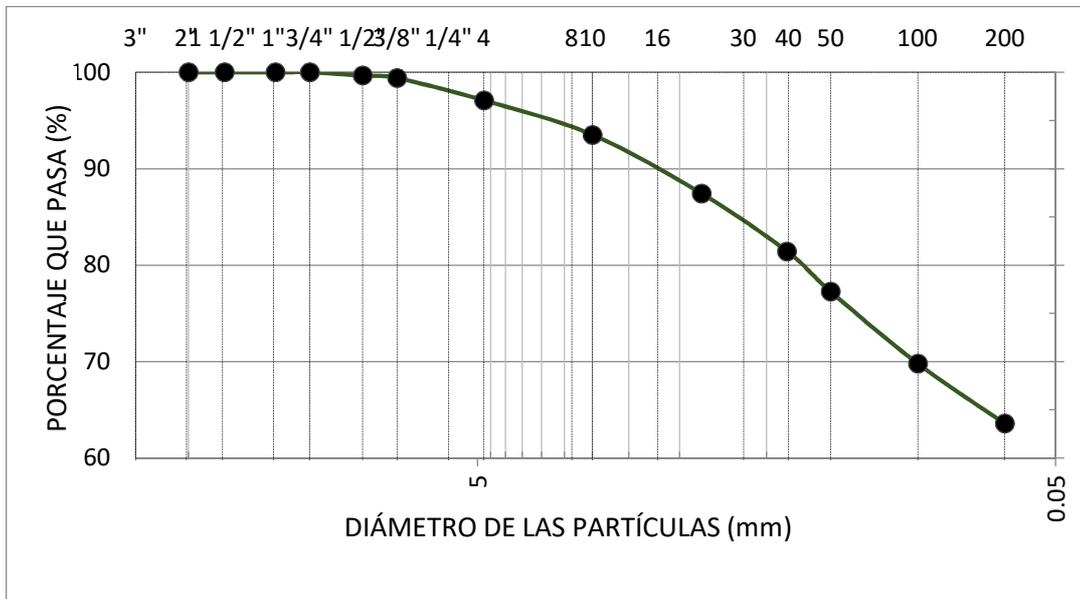


Figura 21. Curva Granulometría de la calicata N° 01.

Fuente: Elaboración propia.

Según la clasificación SUCS la característica del suelo es CL el cual se constituye en una arcilla inorgánica cuyo índice de plasticidad alto la convierte en una arcilla limosa. Sin embargo, la clasificación AASHTO indica que este material es un suelo arcilloso que puede tener un terreno de fundación y una calidad de aceptable a mala.

Tabla 18. Clasificación de calicata.

Calicata	Clasificación SUCS	Clasificación AASHTO	Observaciones
C-01	CL	A - 7 - 5	Arena Limo Arcillosa

Fuente: elaboración propia.

4.3. Suelo en estado natural: Límites de consistencia.

La muestra fue evaluada en laboratorio para la determinación del Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad, para obtener resultados verídicos se realizaron 3 ensayos para cada límite que se detalla en Anexos y los resultados se encuentran en la tabla 19.

Tabla 19. Resultados de Límites de Consistencia

Límites de Consistencia	
Límite Líquido (%)	42.67%
Límite Plástico (%)	25.00%
Índice de Plasticidad (%)	17.67%

Fuente: elaboración propia.

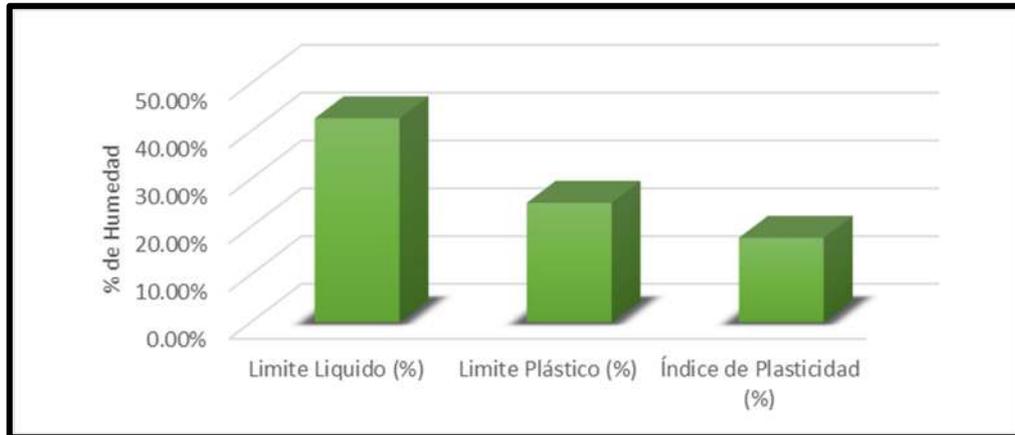


Figura 22. Resultados de ensayo de Límites de consistencia.

Fuente: Elaboración propia.

4.4. Suelo en estado natural: Proctor

Debido a la cantidad de material fino, se utilizó el Método "A" para este ensayo, se realizaron los procedimientos que indica la norma, los datos registrados para el cálculo se encuentran en anexos, así mismo, con esta información se logró la obtención de la relación humedad-densidad seca.

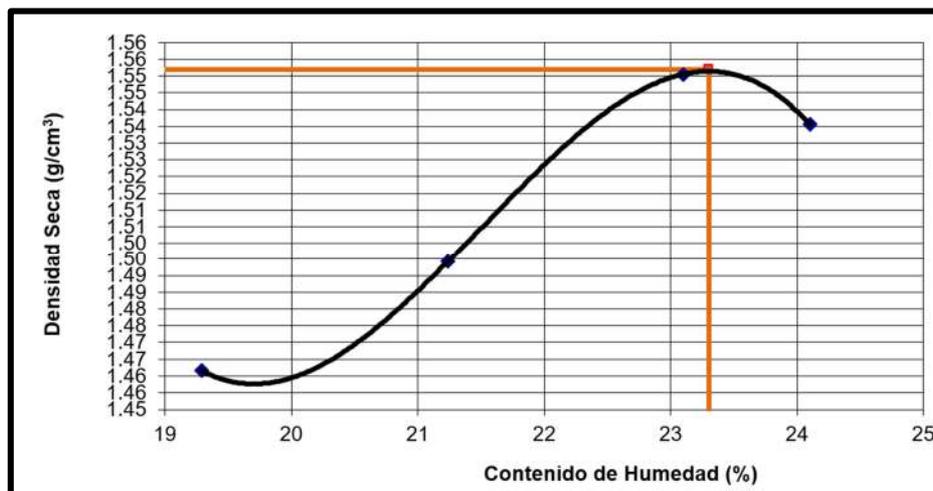


Figura 23. Relación Humedad-Densidad.

Fuente: Elaboración propia.

La curva que relaciona el contenido de humedad con la densidad seca ayuda a la determinación de la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo, obtenido del punto más elevado del peso específico seco, tales resultados se muestran a continuación:

Tabla 20. *Proctor: densidad y humedad*

Descripción	Resultado
Densidad Máxima Seca	1.552 gr/cm ³
Humedad Óptima	23.20%

Fuente: elaboración propia.

4.4.1. Dosificación de polímero acrílico de estireno y agua

Los resultados del proctor estándar son esenciales para la determinación de la dosificación de polímero acrílico de estireno y agua. Para un suelo seco se tienen los siguientes resultados:

Tabla 21. *Proporciones de polímero acrílico de estireno y agua.*

Proporción (l/m ³)	Cantidad de agua (gr)	Cantidad de Polímero acrílico de estireno (gr)	Cantidad total de la disolución (gr)
0.0	2563	0	2563
3.5	2537	26	2563
4.5	2530	33	2563
5.5	2522	41	2563

Fuente: elaboración propia.

La última columna de la tabla 21 representa la cantidad total de agua con la que deberá mezclarse la muestra seca. Estos valores fueron usados para el ensayo CBR.

4.5. Suelo en estado natural.

La determinación de la capacidad portante del suelo natural se dio a conocer con los resultados CBR mostrados en la tabla N° 21 donde se puede observar que el CBR obtenido para en una penetración de 2 pulgadas es de 6.53% al 100% de su M.D.S. y 6.02% al 95% de su M.D.S, de la misma manera para el ensayo de penetración de 1 pulgada se determinó un 5.90% al 100% de su M.D.S. y 5.56% al 95% de su M.D.S.

Por lo tanto, según las categorías de la subrasante que se detallan en la tabla N° 04 podemos decir por el valor de su CBR que el suelo natural tiene una subrasante regular.

Tabla 22. Resultados de ensayo CBR M-01.

Descripción	CBR
<i>Resultados (0.2")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	6.53 %
CBR al 95% de la M.D.S.	6.02 %
<i>Resultados (0.1")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	5.90 %
CBR al 95% de la M.D.S.	5.56 %

Fuente: elaboración propia.

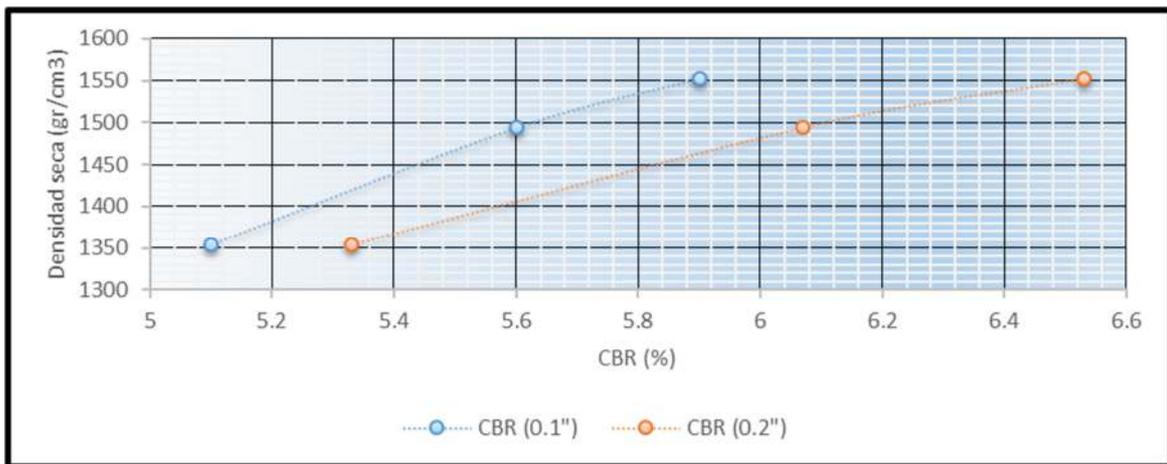


Figura 24. Ensayo CBR en M-01.

Fuente: Elaboración propia

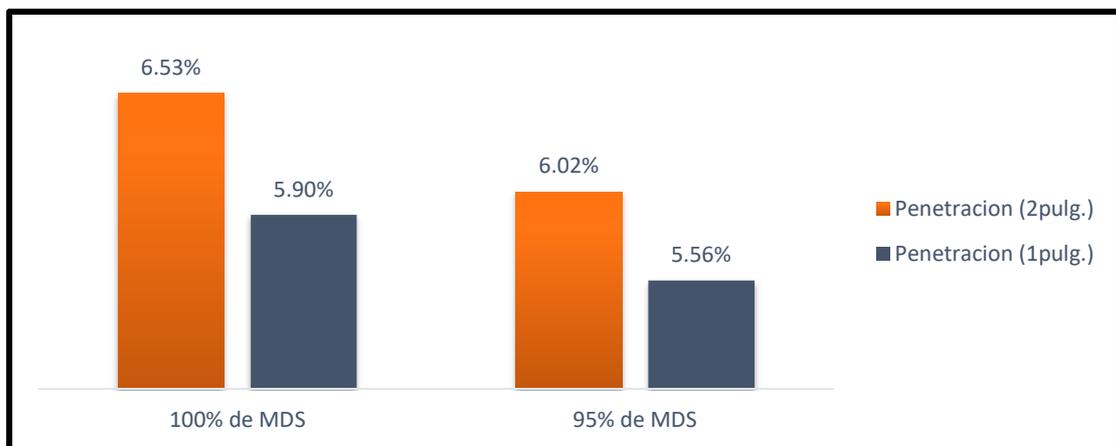


Figura 25. Representación gráfica de resultados CBR en M-01.

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural presento un porcentaje de esponjamiento de 1.40 luego de pasar 96 horas sumergida en tanque de agua. Esta expansión se dio de forma vertical debido a que la muestra se encontró dentro del molde restringiendo su expansión horizontal. El trípode de expansión para CBR con dial pudo dar el valor correcto de la expansión.

Tabla 23. Control del tiempo en el molde para medir su expansión.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión	
		Horas		mm	%
6/04/2022	09:15	24	0.038	0.97	0.83
7/04/2022	09:15	48	0.041	1.04	0.90
8/04/2022	09:15	72	0.055	1.40	1.21
9/04/2022	09:15	96	0.064	1.63	1.40

Fuente: Elaboración propia.

4.6. Suelo en estado natural + Polímero Acrílico de Estireno (3.5 l/m³).

La determinación de la capacidad portante del suelo natural se dio a conocer con los resultados CBR mostrados en la tabla N° 23 donde se puede observar que el CBR obtenido para en una penetración de 2 pulgadas es de 8.27% al 100% de su M.D.S. y 7.30% al 95% de su M.D.S, de la misma manera para el ensayo de penetración de 1 pulgada se determinó un 7.50% al 100% de su M.D.S. y 6.50% al 95% de su M.D.S.

Por lo tanto, según las categorías de la subrasante que se detallan en la tabla N° 04 podemos decir por el valor de su CBR que el suelo con la adición de este polímero es Regular.

Tabla 24. Resultados de ensayo CBR en M-02.

Descripción	CBR
<i>Resultados (0.2")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	8.27 %
CBR al 95% de la M.D.S.	7.30 %
<i>Resultados (0.1")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	7.50 %
CBR al 95% de la M.D.S.	6.50 %

Fuente: elaboración propia.

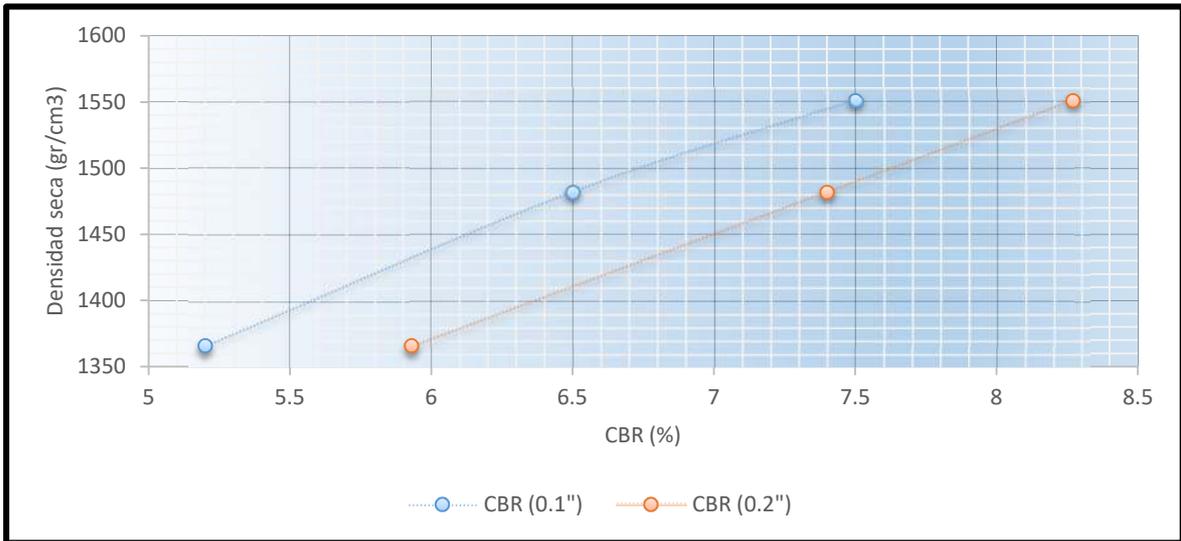


Figura 26. *Ensayo CBR en M-02.*

Fuente: Elaboración propia

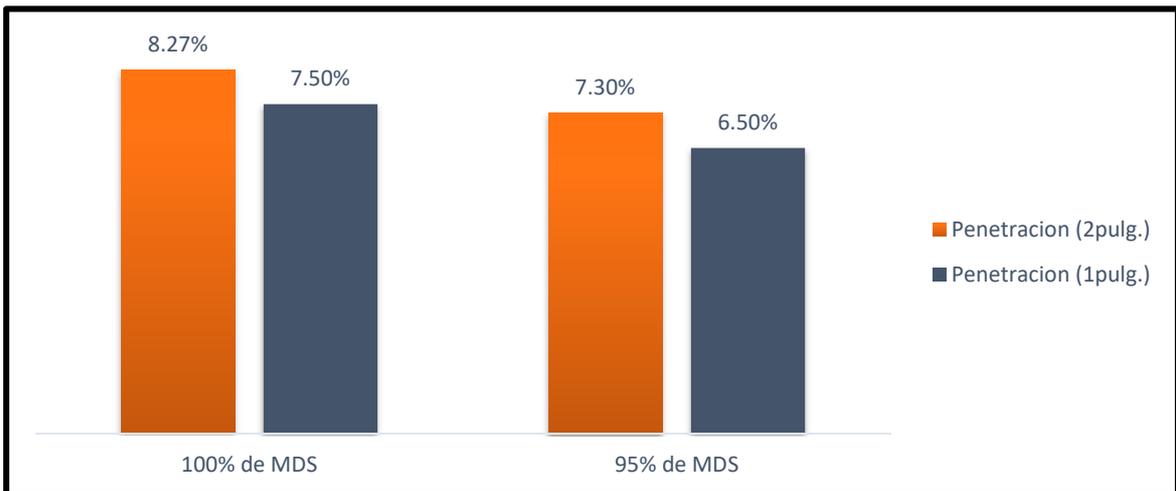


Figura 27. *Representación gráfica de resultados CBR en M-02*

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural presento un porcentaje de esponjamiento de 1.34 luego de pasar 96 horas sumergida en tanque de agua. Esta expansión se dio de forma vertical debido a que la muestra se encontró dentro del molde restringiendo su expansión horizontal. El trípode de expansión para CBR con dial pudo dar el valor correcto de la expansión.

Tabla 25. Control del tiempo en el molde para medir su expansión.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansion	
		Horas		mm	%
6/04/2022	09:15	24	0.031	0.79	0.68
7/04/2022	09:15	48	0.032	0.81	0.70
8/04/2022	09:15	72	0.052	1.32	1.14
9/04/2022	09:15	96	0.061	1.55	1.34

Fuente: Elaboración propia

4.7. Suelo en estado natural + Polímero Acrílico de Estireno (4.5 l/m³).

La determinación de la capacidad portante del suelo natural se dio a conocer con los resultados CBR mostrados en la tabla N° 25 donde se puede observar que el CBR obtenido para en una penetración de 2 pulgadas es de 11.93% al 100% de su M.D.S. y 10.57% al 95% de su M.D.S, de la misma manera para el ensayo de penetración de 1 pulgada se determinó un 13.60% al 100% de su M.D.S. y 11.44% al 95% de su M.D.S.

Por lo tanto, según las categorías de la subrasante que se detallan en la tabla N° 04 podemos decir por el valor de su CBR que el suelo con la adición de este polímero es Buena.

Tabla 26. Resultados de ensayo CBR con dosificación 4.5l/m³.

Descripción	CBR
<i>Resultados (0.2")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	11.93 %
CBR al 95% de la M.D.S.	10.57 %
<i>Resultados (0.1")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	13.60 %
CBR al 95% de la M.D.S.	11.44 %

Fuente: elaboración propia.

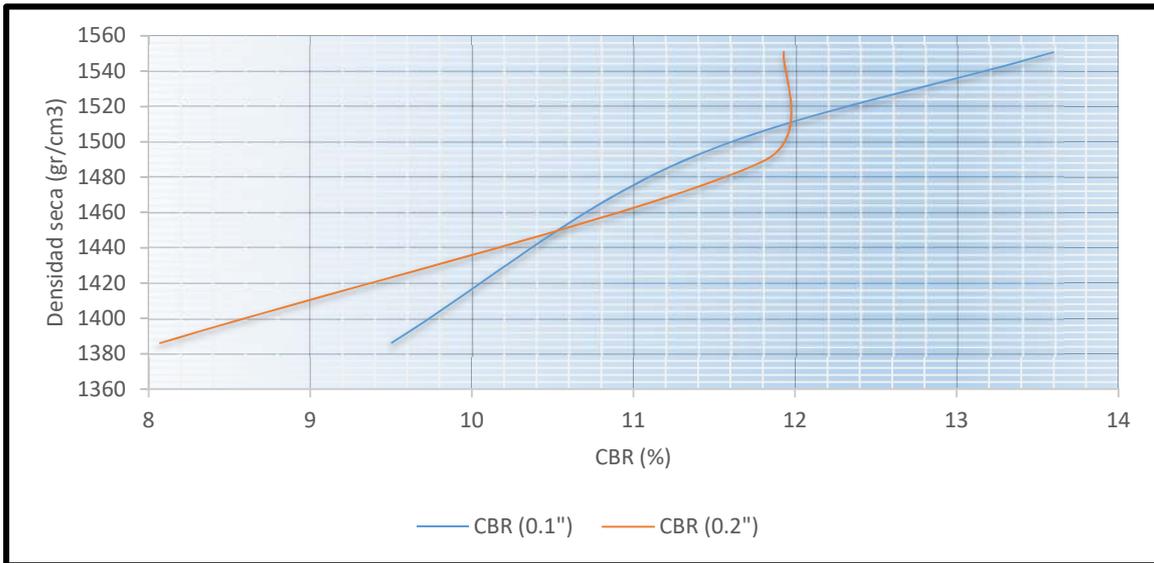


Figura 28. Ensayo CBR en M-03.

Fuente: Elaboración propia

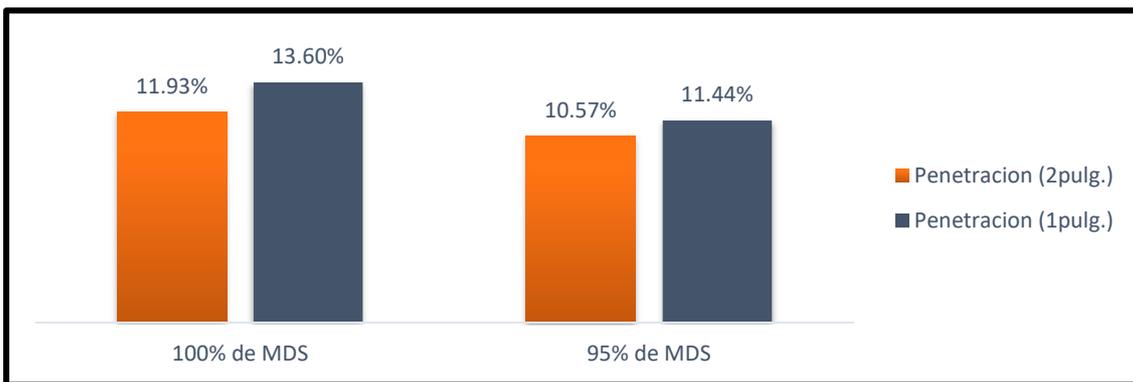


Figura 29. Representación gráfica de resultados CBR en M-03.

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural presento un porcentaje de esponjamiento de 0.99 luego de pasar 96 horas sumergida en tanque de agua. Esta expansión se dio de forma vertical debido a que la muestra se encontró dentro del molde restringiendo su expansión horizontal. El trípode de expansión para CBR con dial pudo dar el valor correcto de la expansión.

Tabla 27. Control del tiempo en el molde para medir su expansión.

Fecha	Hora	Tiempo Horas	Dial	Expansion	
				mm	%
6/04/2022	09:15	24	0.025	0.64	0.55
7/04/2022	09:15	48	0.031	0.79	0.68
8/04/2022	09:15	72	0.038	0.97	0.83
9/04/2022	09:15	96	0.045	1.14	0.99

Fuente: Elaboración propia

4.8. Suelo en estado natural + Polímero Acrílico de Estireno (5.5 l/m³).

La determinación de la capacidad portante del suelo natural se dio a conocer con los resultados CBR mostrados en la tabla N° 27 donde se puede observar que el CBR obtenido para en una penetración de 2 pulgadas es de 16.20% al 100% de su M.D.S. y 13.74% al 95% de su M.D.S, de la misma manera para el ensayo de penetración de 1 pulgada se determinó un 19.40% al 100% de su M.D.S. y 16.76% al 95% de su M.D.S.

Por lo tanto, según las categorías de la subrasante que se detallan en la tabla N° 04 podemos decir por el valor de su CBR que el suelo con la adición de este polímero es bueno.

Tabla 28. Resultados de ensayo CBR en M-04.

Descripción	CBR
<i>Resultados (0.2")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	16.20 %
CBR al 95% de la M.D.S.	13.74 %
<i>Resultados (0.1")</i>	
CBR al 100% de la M.D.S.	19.40 %
CBR al 95% de la M.D.S.	16.76 %

Fuente: elaboración propia.

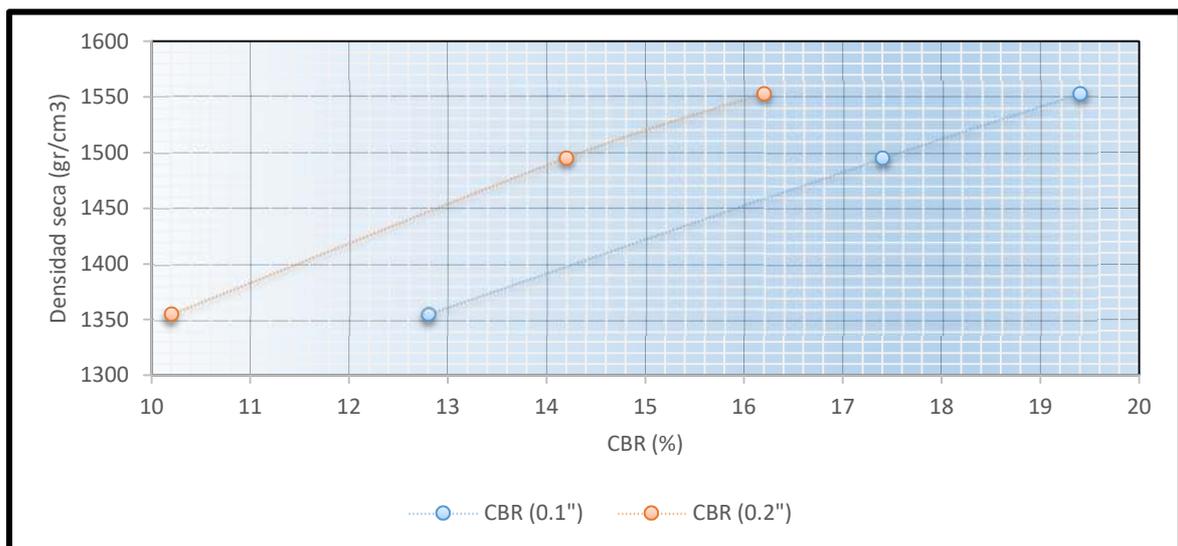


Figura 30. Ensayo CBR en M-04.

Fuente: Elaboración propia

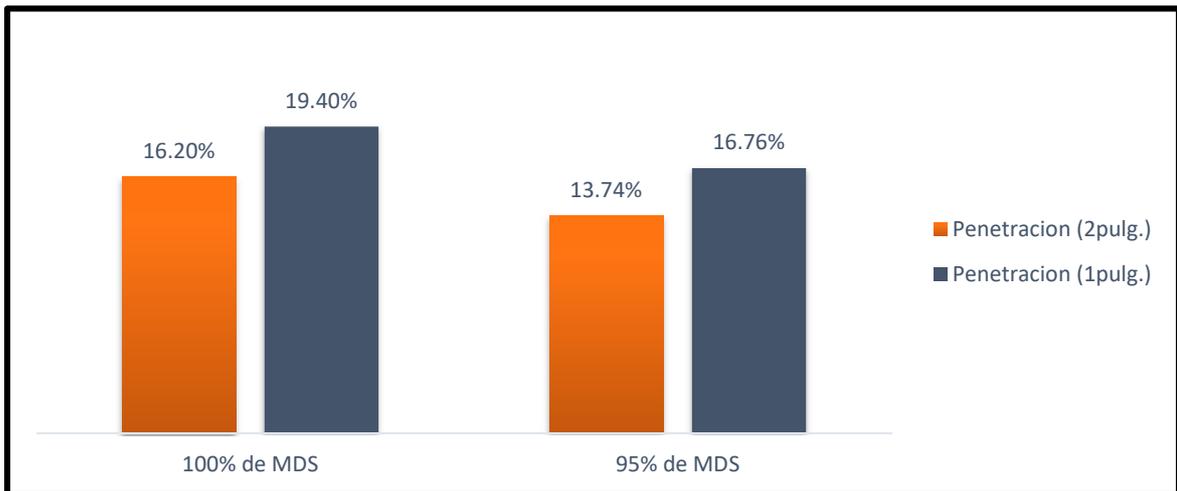


Figura 31. Representación gráfica de resultados CBR en M-04.

Fuente: Elaboración propia

El suelo natural presentó un porcentaje de esponjamiento de 0.79 luego de pasar 96 horas sumergida en tanque de agua. Esta expansión se dio de forma vertical debido a que la muestra se encontró dentro del molde restringiendo su expansión horizontal. El tripode de expansión para CBR con dial pudo dar el valor correcto de la expansión.

Tabla 29. Control del tiempo en el molde para medir su expansión.

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión	
		Horas		mm	%
6/04/2022	09:15	24	0.019	0.48	0.42
7/04/2022	09:15	48	0.026	0.66	0.57
8/04/2022	09:15	72	0.033	0.84	0.72
9/04/2022	09:15	96	0.036	0.91	0.79

Fuente: Elaboración propia

4.9. Contrastación de hipótesis.

4.9.1. Contrastación de hipótesis general:

Hi: La consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita su incorporación en el suelo, de esta manera beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Negromayo, Espinar.

Ho: La consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita su incorporación en el suelo, de esta manera NO beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Negromayo, Espinar.

Interpretación.

Se desea determinar si la incorporación del polímero acrílico de estireno beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante de la carretera Negromayo, Espinar. Esta contrastación de la hipótesis general se resuelve mediante los resultados de CBR y de expansión que intervienen en la categoría de la subrasante.

Discusión.

El análisis en la contrastación de la hipótesis específica 1, 2 y 3 determina que el polímero acrílico de estireno influye considerablemente en el mejoramiento de la subrasante. Por lo tanto, se acepta la hipótesis alternativa (H_i) y se rechaza la hipótesis nula (H_o).

Conclusión.

Existe evidencia suficiente al nivel de significancia para indicar que la consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita su incorporación en el suelo, de esta manera beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Negromayo, Espinar.

4.9.2. Contrastación de hipótesis específica 1:

Hi: La incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante incrementa los niveles de consistencia del CBR a un porcentaje mayor de 6% para ser aceptada por el MTC.

Ho: La incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante NO incrementa los niveles de consistencia del CBR a un porcentaje mayor de 6% para ser aceptada por el MTC.

Interpretación.

Se desea determinar si el polímero acrílico de estireno incrementa el valor del CBR natural del suelo. La tabla N° 30 resume los resultados de CBR natural, con adición de polímero 3.5 l/m³, 4.5 l/m³ y 5.5 l/m³. Por ello se analizará cada dosificación de polímero acrílico de estireno con respecto al natural.

El nivel de significancia que se asumió, por ser un proyecto de investigación, es de 5%.

Tabla 30. *Resultados de ensayos de CBR en las muestras.*

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 3.5 l/m ³	Dosificación de 4.5 l/m ³	Dosificación de 5.5 l/m ³
M-1	6.53	8.27	11.93	16.2
M-2	6.02	7.3	10.57	13.74
M-3	5.9	7.5	13.6	19.4
M-4	5.56	6.5	11.44	16.76

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del valor de P para dosis de 0 y 3,5.

Se observan en las tablas N° 31, 32 y 33 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 31. *Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 3.5).*

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 3.5 l/m ³
M-1	6.53	8.27
M-2	6.02	7.30
M-3	5.90	7.50
M-4	5.56	6.50
<i>Media</i>	<i>6.0025</i>	<i>7.3925</i>
<i>Desviación estándar</i>	<i>0.727</i>	<i>0.364</i>
<i>Error estándar de la media</i>	<i>0.402</i>	<i>0.201</i>

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 32. *Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 3.5).*

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
1.390	0.356	0.178	0.971

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba.

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 33. Valores de T y P – Dosis (0 y 4.5).

Valor T	Valor P
7.80	0.002

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

El valor de P es menor al nivel de significancia por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Calculo del valor de P para dosis de 0 y 4,5.

Se observan en las tablas N° 34, 35 y 36 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 34. Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 4.5).

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 4.5 l/m ³
M-1	6.53	11.93
M-2	6.02	10.57
M-3	5.90	13.60
M-4	5.56	11.44
Media	6.00	11.89
Desviación estándar	0.727	0.402
Error estándar de la media	0.40	1.27

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 35. Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 4.5).

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
5.882	1.331	0.665	4.317

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 36. Valores de T y P – Dosis (0 y 3.5).

Valor T	Valor P
8.84	0.002

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

El valor de P es menor al nivel de significancia por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Calculo del valor de P para dosis de 0 y 5,5.

Se observan en las tablas N° 37, 38 y 39 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 37. Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 5.5).

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 5.5 l/m ³
M-1	6.53	16.20
M-2	6.02	13.74
M-3	5.90	19.40
M-4	5.56	16.76
Media	6.00	16.52
Desviación estándar	0.40	2.32
Error estándar de la media	0.20	1.16

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 38. Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 5.5).

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
10.52	2.44	1.22	7.65

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 39. Valores de T y P – Dosis (0 y 5.5).

Valor T	Valor P
8.61	0.002

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

El valor de P es menor al nivel de significancia por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Discusión.

Debido a que en los 3 análisis el valor de P es menor al nivel de significancia se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Conclusión.

Existe evidencia suficiente al nivel de significancia para indicar que la incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante incrementa los niveles de consistencia del CBR a un porcentaje mayor de 6% para ser aceptada por el MTC.

4.9.3. Contrastación de hipótesis específica 2:

H_1 : La incorporación del polímero acrílico de estireno en la subrasante de la carretera Negromayo lo convierte en un suelo poco permeable por consiguiente reduce el porcentaje de expansión del suelo.

H_0 : La incorporación del polímero acrílico de estireno en la subrasante de la carretera Negromayo no convierte en un suelo poco permeable por consiguiente no reduce el porcentaje de expansión del suelo.

Interpretación.

Se desea determinar si el polímero acrílico de estireno disminuye el porcentaje de expansión natural del suelo. La tabla N° 40 resume los resultados de expansión natural, con adición de polímero 3.5 l/m³, 4.5 l/m³ y 5.5 l/m³. Por ello se analizará cada dosificación de polímero acrílico de estireno con respecto al natural.

Este valor ayuda a determinar la aceptación o el rechazo de la hipótesis nula.

El nivel de significancia que se asumió, por ser un proyecto de investigación, es de 5%.

Tabla 40. *Resultados de ensayos de CBR en las muestras.*

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 3.5 l/m ³	Dosificación de 4.5 l/m ³	Dosificación de 5.5 l/m ³
M-1	1.27	0.92	0.74	0.63
M-2	1.34	1.01	0.79	0.68
M-3	1.40	1.65	0.99	0.79

Fuente: Elaboración propia.

Calculo del valor de P para dosis de 0 y 3,5.

Se observan en las tablas N° 41, 42 y 43 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 41. Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 3.5).

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 3.5 l/m ³
M-1	1.27	0.92
M-2	1.34	1.01
M-3	1.40	1.34
Media	1.34	1.09
Desviación estándar	0.065	0.221
Error estándar de la media	0.038	0.128

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 42. Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 3.5).

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
-0.2467	0.162	0.094	-0.520

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 43. Valores de T y P – Dosis (0 y 3.5).

Valor T	Valor P
-2.64	0.941

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

El valor de P es mayor al nivel de significancia por lo tanto se acepta H_0 y se rechaza H_1 .

Calculo del valor de P para dosis de 0 y 4.5.

Se observan en las tablas N° 44, 45 y 46 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 44. Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 4.5).

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 4.5 l/m ³
M-1	1.27	0.74
M-2	1.34	0.79
M-3	1.40	0.99
Media	1.34	0.84
Desviación estándar	0.065	0.132
Error estándar de la media	0.038	0.076

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 45. Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 4.5).

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
0.4967	0.0757	0.0437	0.3690

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 46. Valores de T y P – Dosis (0 y 4.5).

Valor T	Valor P
11.36	0.04

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

El valor de P es menor al nivel de significancia por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Calculo del valor de P para dosis de 0 y 5.5.

Se observan en las tablas N° 47, 48 y 49 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 47. Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 5.5).

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 5.5 l/m ³
M-1	1.27	0.63
M-2	1.34	0.68
M-3	1.40	0.79
Media	1.34	0.70
Desviación estándar	0.065	0.082
Error estándar de la media	0.038	0.047

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 48. *Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 5.5).*

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
0.6367	0.0252	0.0145	0.6791

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 49. *Valores de T y P – Dosis (0 y 5.5).*

Valor T	Valor P
43.82	0.001

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

El valor de P es menor al nivel de significancia por lo tanto se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Discusión.

Debido a que en los 2 de los 3 análisis el valor de P es menor al nivel de significancia se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Conclusión.

Existe evidencia suficiente al nivel de significancia para indicar que la incorporación del polímero acrílico de estireno en la subrasante de la carretera Negromayo lo convierte en un suelo poco permeable por consiguiente reduce el porcentaje de expansión del suelo.

4.9.4. Contrastación de hipótesis específica 3.

Hi: Una proporción de 3.5 litros de polímero acrílico de estireno por metro cubico de suelo aumenta la resistencia y cumple con las especificaciones requeridas por el MTC para ser usado como subrasante.

Ho: Una proporción de 3.5 litros de polímero acrílico de estireno por metro cubico de suelo no aumenta la resistencia ni cumple con las especificaciones requeridas por el MTC para ser usado como subrasante.

Se observan en las tablas N° 50, 51 y 52 el procedimiento para comprobar la hipótesis.

Tabla 50. Cuadro comparativo de resultados CBR – Dosis (0 y 3.5).

Muestra	Dosificación de 0.0 l/m ³	Dosificación de 3.5 l/m ³
M-1	6.53	16.20
M-2	6.02	13.74
M-3	5.90	19.40
M-4	5.56	16.76
Media	6.00	16.52
Desviación estándar	0.40	2.32
Error estándar de la media	0.20	1.16

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Tabla 51. Estimación de la diferencia pareada – Dosis (0 y 3.5).

Media	Desviación estándar	Error estándar de la media	Límite inferior 95% para la diferencia_μ
10.52	2.44	1.22	7.65

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Prueba

Hipótesis nula H_0 : diferencia_μ = 0

Hipótesis alterna H_1 : diferencia_μ > 0

Tabla 52. Valores de T y P – Dosis (0 y 3.5).

Valor T	Valor P
8.61	0.002

Fuente: Valores extraídos del programa MiniTab.

Discusión.

El valor de P es menor al nivel de significancia por lo tanto, se rechaza H_0 y se acepta H_1 .

Conclusión.

Existe evidencia suficiente al nivel de significancia para indicar que una proporción de 3.5 litros de polímero acrílico de estireno por metro cubico de suelo aumenta la resistencia y cumple con las especificaciones requeridas por el MTC para ser usado como subrasante.

V. DISCUSIÓN

Discusión N° 01.

¿Cómo la incorporación de polímero acrílico de estireno podría mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo?

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa general que estable que la consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita su incorporación en el suelo, de esta manera beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Negromayo, Espinar.

Estos resultados guardan relación con lo que dicen Calle y Arce (2018) quienes trabajaron con diferentes dosificaciones de polímero acrílico de estireno y obtuvieron resultados favorables en el comportamiento mecánico de la subrasante, pese a que trabajaron con un material areno limoso. Así mismo, según las características de AggreBind (2022) el polímero acrílico de estireno tiene la capacidad de soportar temperaturas críticas dando viabilidad a mi estudio, en este sentido, los resultados obtenidos dan énfasis a la viabilidad de la investigación.

Discusión N° 02.

¿Con la incorporación del polímero acrílico de estireno se incrementarían los niveles de consistencia del CBR en la subrasante de acuerdo a las especificaciones requeridas en la norma del MTC?

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa que estable que la incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante incrementa los niveles de consistencia del CBR a un porcentaje mayor de 6% para ser aceptada por el MTC.

Los resultados que se obtuvieron guardan relación con la investigación de Bazán (2019), quien trabajó con un suelo limoso cuyo valor de CBR fue de 5.2% y para mejorarlo trabajó con el mismo material al que incorporó polímero acrílico de estireno en proporciones de 3lt/m³, 4lt/m³ y 5lt/m³ y obtuvo CBR de 68.61%,

59.17% y 57.5% al 100% de su máxima densidad seca respectivamente. De esta manera concluyo que la dosificación óptima de polímero acrílico de estireno en un suelo areno limoso es de 3L/m³ ya que obtuvo un incremento en la capacidad de soporte del suelo de hasta 13 veces más con respecto al CBR del suelo natural. De acuerdo a la investigación citada se puede establecer que existe una similitud en el incremento de la capacidad de soporte del suelo, pero no visualiza el aumento directamente proporcional, se destaca que al aplicar una mayor cantidad de polímero acrílico de estireno no siempre aumentará la capacidad de soporte del suelo, dependerá de las propiedades físico-mecánicas de cada material.

Discusión N° 03.

¿Con la incorporación del polímero acrílico de estireno se produciría bajos niveles en porcentaje de expansión en la subrasante de la carretera Negromayo?

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa que estable que la incorporación del polímero acrílico de estireno en la subrasante de la carretera Negromayo lo convierte en un suelo impermeable por consiguiente reduce el porcentaje de expansión del suelo.

Los resultados obtenidos en la investigación guardan relación con lo que dice Arellan (2018), quien al trabajar con muestras de suelo areno-limoso observo que los resultados de expansión en el suelo natural dieron un resultado nulo, es decir, no presenta expansión y la aplicación de polímero acrílico de estireno en proporciones de 4.2 Lt/m³, 8.2Lt/m³, 6.1 Lt/m³ en la subrasante no influyo en su expansión. De la misma manera concuerda con el estudio que realizaron Calle y Arce (2018), quienes trabajaron con el polímero acrílico de estireno en contenidos de 1/8, 1/7, 1/6, 1/5, 1/4, 1/3 y 1/2 donde los resultados de expansión tampoco fueron afectados por la aplicación del polímero pues que la expansión natural del suelo fue nula.

Sin embargo, si coincide con lo que encontró Canaria e Iván (2020) quienes trabajaron con material areno-arcilloso cuyo porcentaje de expansión natural fue de 1.52% y luego de adicionar NANO TRACK en proporciones de 0.8 Lt/m³, 1 Lt/m³ y

1.2 Lt/m³ obtuvieron una expansión de 1.32%, 0.98% y 0.64% respectivamente, argumentando que el aditivo incorporado es inversamente proporcional al porcentaje de expansión. De acuerdo a las investigaciones citadas se puede establecer que comparten una similitud, pero no visualiza el aumento directamente proporcional en los resultados, entonces se establece que los productos químicos benefician en las propiedades mecánicas de la subrasante.

Discusión N° 04.

¿Cuál es la dosificación óptima de polímero acrílico de estireno que modificaría positivamente el comportamiento de la subrasante sujetos a las especificaciones mínimas requeridas en la norma del MTC?

A partir de los hallazgos encontrados, aceptamos la hipótesis alternativa que estable que una proporción de 3.5 litros de polímero acrílico de estireno por metro cubico de suelo aumenta la resistencia y cumple con las especificaciones requeridas por el MTC para ser usado como subrasante.

Los resultados obtenidos en la investigación guardan relación con lo que dice Tesen (2021), trabajo con un material limo arcilloso cuyo porcentaje en CBR es de 15.9 y para estabilizarlo utilizo polímero AggreBind en dosificaciones de 2, 4, y 6 L/m³ obteniendo resultados de soporte de 35.4%, 48.9% y 52% respectivamente, así mismo, reduce el porcentaje de expansión. En conclusión, luego de observar los resultados se concluyó que una adecuada proporción de polímero AggreBind si mejora el comportamiento mecánico. Por ende, coincide con los resultados obtenidos en esta investigación, donde se encontró una dosificación óptima de polímero acrílico de estireno de 3.5 l/m³. Por lo tanto, de acuerdo a la investigación citada se puede establecer que existe una similitud en los resultados de una dosificación adecuada de polímero acrílico de estireno, por lo tanto, se establece que el proyecto cumple con los parámetros de viabilidad.

VI. CONCLUSIONES

Conclusión N° 01.

Mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante de la carretera Negromayo por medio de la incorporación de polímero acrílico de estireno.

En la investigación realizada con la subrasante de la carretera Negromayo, se llegó a la conclusión general de que la aplicación de polímero acrílico de estireno incide en las propiedades mecánicas de la subrasante, pues los suelos que presentan una mala estabilidad pueden mejorar sus propiedades mecánicas. La consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita el mezclado con agua y logra una adecuada incorporación en todo el suelo, de esta manera mediante la compactación se logra eliminar los espacios vacíos mediante la compactación logrando un suelo menos permeable.

Conclusión N° 02.

Incrementar los niveles de consistencia del CBR en la subrasante de acuerdo a las especificaciones requeridas en la norma del MTC a través de la incorporación del polímero acrílico de estireno.

Los resultados de la investigación confirman que la incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante eleva los niveles de CBR puesto que el CBR inicial del suelo fue de 5.56% al 95% de la máxima densidad seca siendo un suelo no aceptable por el MTC, debido a que es menor al 6%, entonces luego de la adición de polímero acrílico de estireno en proporciones de 3.5 l/m³, 4.5 l/m³ y 5.5 l/m³ se obtuvieron resultados de 6.50%, 11.40% y 16.76% respectivamente, al 95% de la máxima densidad seca en CBR. Por concluyente el incremento fue de 201.44% de CBR, referido al 95% de la Máxima densidad seca con una penetración de 0.01”.

Conclusión N° 03.

Producir bajos niveles del porcentaje de expansión de la subrasante de la carretera Negromayo mediante la incorporación del polímero acrílico de estireno.

Los resultados de la investigación confirman que la incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante incide en la expansión del suelo, ya que la expansión del suelo natural obtenido es de 1.40%, de esta manera, luego de la adición de polímero acrílico de estireno en proporciones de 3.5 l/m³, 4.5 l/m³ y 5.5 l/m³ se obtuvieron bajos resultados de expansión 1.34%, 0.99% y 0.79%, por ende se entiende que la aplicación de polímero acrílico de estireno es inversamente proporcional al porcentaje de expansión.

Conclusión N° 04.

Modificar positivamente el comportamiento de la subrasante sujetos a las especificaciones mínimas requeridas en la norma del MTC por medio una dosificación óptima de polímero acrílico de estireno.

Los resultados de la investigación confirman que con la aplicación de diferentes proporciones de polímero acrílico de estireno se obtuvieron valores que favorecen el comportamiento mecánico del material, tal es el caso en la capacidad de soporte que con la incorporación de 3.5 l/m³ de polímero acrílico de estireno se obtuvo 6.50% de CBR, referido al 95% de la Máxima densidad seca con una penetración de 0.01", de la misma manera con la expansión, donde esta misma cantidad de polímero redujo la expansión de 1.40% a 1.34%. Estos resultados convierten el suelo de la categoría subrasante insuficiente a subrasante regular, lo cual al ser un CBR mayor al 6% ya puede ser aceptada como subrasante. Por lo tanto, la proporción de 3.5 l/m³ de polímero acrílico de estireno logra que el material sea aceptado por el MTC para ser usado como subrasante.

VII. RECOMENDACIONES

- Luego de corroborar que el polímero acrílico de estireno influye en el comportamiento mecánico de la subrasante de la carretera Negromayo, se da como primera recomendación que el Colegio de Ingenieros del Perú capacite a más profesionales sobre su uso en obras de infraestructura vial a nivel nacional.
- Se recomienda que para futuros estudios donde utilicen el polímero acrílico de estireno como aditivo estabilizante, se le brinden un periodo de secado mayor a 14 días para el ensayo CBR, esto antes de someterlo a saturación en el tanque de agua.
- Se recomienda realizar un nuevo estudio, pero aplicado a la base de la carretera Negromayo, donde se cubra con una carpeta asfáltica diseñada para soportar el tránsito vehicular.
- Se deja abierto a nuevas investigaciones donde apliquen una proporción superior a la estudiada para determinar hasta qué punto aumenta la resistencia el polímero acrílico de estireno en el suelo.

REFERENCIAS

- AGUILAR Castañeda, Catherine y BORDA Riveros, Yeraldin. Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Bogotá D.C.: Universidad Santo Tomás, 2015. 102 pp. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11634/3923>.
- AICAMAÑA Iza, Juan. Estudio comparativo del comportamiento a compresión de pavimentos asfálticos a base de polímeros y pavimentos flexibles tradicionales. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Ambato: Universidad Técnicas de Ambato, 2017. 121 pp. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25265>.
- American Society For Testing And Materials, 2021. Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lbf/ft³ (2,700 kN-m/m^{3https://www.astm.org/standards/d1557.}
- ARELLAN Farfan, Judith y OSCCO Garriazo, Zidani. Diseño estructural del pavimento flexible aplicando la Estabilizacion Quimica con el Polimero Acrilico de Estireno para a subrasante, Huarochirí 2021. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2021. 230 pp. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/66868>.
- BAZÁN Quiñones, Maelson. Mejoramiento técnico económico de pavimentos con la aplicación del polímero acrílico AggreBind en la Av. Paramonga - San Martín de Porres – Lima - Lima - 2019. Tesis (Ingeniero Civil). Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 214 pp. Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6118>
- BENITEZ Medina, Shamir y ROJAS Duran, Carlos. Comparación del método de estabilización iónica con otros métodos realizados en la UPB. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Santander: Universidad Pontificia Bolivariana Seccional Bucaramanga, 2019. 142 pp. Disponible en: <https://bit.ly/331HoKe>.
- BRAJA, Das. Fundamentos de Ingenieria Geotecnica. 4° ed. Santa Fe: Cengage Learning, 2013. 636 pp. ISBN 9781111576752.

CALLE Ilactahuamani, Solanchs y ARCE Huahuachampi, Moises. Estabilización con polímero acrílico de la subrasante de la zona del puente de Añashuayco para su uso como base y comparación frente a un pavimento convencional. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Arequipa: Universidad Nacional De San Agustín, 2018. 206 pp.

Disponible en: <http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/6118>.

CANARIA Pineda, Angela e IVAN Martinez, Álvaro. Estudio de estabilización de material para la conformación de afirmado en terraplenes del municipio de la primavera – vichada, mediante la adición de polímeros sintéticos ecológicos. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Bogota: Universidad Distrital Francisco Jose de Caldas, 2020. 80 pp.

Disponible en: <https://bit.ly/3HD02XH>.

CÍVICOS, María y HERNÁNDEZ, Manuel. Algunas reflexiones y aportaciones en torno a los enfoques teóricos y prácticos de la investigación en Trabajo Social. [en línea]. Santa Cruz de Tenerife: Universidad de la Laguna, 2007. [Consulta: 19 enero 2022].

Disponible en: <https://bit.ly/3tS9Ae4>.

ISSN:1132-192X

CONDOROMA: Territorio del Distrito de Condoroma. Distrito.pe. [en línea]. [Consulta: 19 enero 2022]. [2021?].

Disponible en: <https://www.districto.pe/districto-condoroma.html>.

CRUZADO Medina, Clever. Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante la cal en la carretera Puente Ricardo Palma La Oroya. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2019. 74 pp.

Disponible en: <https://bit.ly/3lufFS1>.

Departamento de Química física. Química Física III. [en línea]. Valencia: Universidad de Valencia, [2017?]. 58 pp. [Consulta: 19 enero 2022]. Tema 7 Macromoléculas y Coloides.

Disponible en: <https://bit.ly/3qF8dgH>.

FRIEDMAN, R. y ABDELKADER, A. Road construction using locally available materials. *Internation Review of Finance* [en línea]. vol. 18. 2021. pp. 1-11. [Consulta: 15 ,marzo 2022].

- GUZMÁN Montenegro, Martin. Evaluación de resistencia del nivel de subrasante mediante el uso de polímeros reciclados en el distrito de la victoria - 2019. Tesis (Ingeniero Civil). Chiclayo: Universidad Particular de Chiclayo, 2019. 53 pp.
Disponible en: <http://repositorio.udch.edu.pe/handle/UDCH/411>.
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, Pilar. Metodología de la Investigación. Sexta edi. Mexico: Mc Graw Hill, 2014. 634 pp. ISBN 9781456223960.
- HUMPIRI Ventura, Carlos. Mejoramiento del pavimento flexible aplicando aditivo aggrebind para estabilizar suelos en la calle los eucaliptos, en el distrito de chaclacayo-lima-2018. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 117 pp.
Disponible en: <https://bit.ly/3tYWNGA>.
- HURTADO, Jaqueline. Metodología de la Investigación Holística [en línea]. 3.a ed. Caracas: Instituto Universitario de Tecnología Caripito, 2000 [Consulta: 19 enero 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3GEI745>.
ISBN 9806306066
- INICIO. AggreBind – Estabilización de Suelos con AggreBind, Control de polvo, Ladrillos de suelo estabilizado. AggreBind. Tecnología Patentada [en línea]. AGGREBIND. [Consulta: 17 enero 2022].
Disponible en: <https://aggrebind.com/es/>.
- LEON Fierro, Kenneth. Funcionalidad del aditivo sólido rocatech 70/30 como aglomerante para una base estabilizada con la tecnología proes en el proyecto Red Vial N°3-Cusco. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Huancayo: Universidad Continental, 2016. 247 pp.
Disponible en: <https://bit.ly/3GQmCft>
- LOMPARTE Cabanillas, Johan y SANCHEZ Neglia, Denis. Estabilización de la superficie de rodadura mediante el uso de polímero en emulsión vinilo acrílico en la carretera no pavimentada al centro poblado Tangay - Nuevo Chimbote – Santa. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Nuevo Chimbote: Universidad Nacional del Santa, 2019. 187 pp.
Disponible en: <https://bit.ly/3tHzocF>.

- LÓPEZ-LARA, Teresa, et al. Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. Revista Iberoamericana de polímeros [en línea]. vol. 11, no 3. pp. 159-168. [Consulta: 16 enero 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3qAE16w>.
- MARTÍNEZ, Laura Isabel y OLAYA, Yris. Estimación de costos del ciclo de vida para la estabilización de vías terciarias en Colombia con subproductos industriales. Lecturas de Economía [en línea], vol. 1. [Consulta: 17 enero 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3GCy66e>.
ISSN 2323-0622
- MENA Robles, Richard. Mejoramiento del suelo de una vía no pavimentada adicionando estabilizador y sellante en la Ca. Morales Bermúdez, Provincia de Huaral, Lima, 2018. Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Lima: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 198 pp.
Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12692/25341>.
- MENÉNDEZ, José. Ingeniería de Pavimentos: variables de diseño. Lima: ICG, 2016. pp. 24 – 35.
ISBN: 9786124280160
- MINISTERIO Economía y Finanzas (Perú). MEF RD 003-2015: Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. Lima, 2015. Pp. 12.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). MTC E 1109-2004 Norma Técnica peruana de Estabilizadores Químicos: estabilización química de suelos – caracterización del estabilizador y evaluación de propiedades de comportamiento del suelo mejorado. Lima, 2004. Pp. 10
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones. Red Vial Nacional, por las rutas del Perú. [en línea]. Portal MTC. Diciembre de 2014. [Consulta: 4 enero 2022].
Disponible en: https://portal.mtc.gob.pe/logros_red_vial.html
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de carreteras: Suelos geología, geotecnia y pavimentos sección suelos y pavimentos. Lima, 2014. pp. 33-118.
- MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de carreteras: Manual de ensayo de materiales. Lima, 2016. pp. 105, 1041.

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. LP-014-2016-MTC/20 contratación del contratista que ejecutara la obra: carretera Negromayo-Yauri-San Genaro. *MTC* [en línea]. 30 de marzo de 2017. [Consulta: 13 abril 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3JymSAs>.
- MORENO, Patricio. Diseño de Vías de Comunicación Terrestres. *Topo vías de comunicación* [en línea]. 2013. [Consulta: 13 abril 2022]. Disponible en: <https://topoviasdecomunicacion.wordpress.com/>.
- OYOLA, Romer. Determinación de la resistencia a la penetración de un suelo cohesivo en diferentes condiciones de hidratación y compactación. *Revista de Arquitectura e Ingeniería* [en línea]. Setiembre-octubre 2016, vol. 10, no. 3, pp. 1-10. [Consulta: 14 abril 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3rrUjyn>.
ISSN 1990-8830.
- PEREIRA, Leandro De Assis y CARVALHO, Diógenes Costa de, O Uso Da Cal Para A Estabilização Dos Solos Utilizados Na Engenharia. *Nucleo do Conhecimento* [en línea], vol. 15, no. 06. 2021. pp. 144-165. [Consulta: 4 mayo 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3vHtV6j>.
ISSN 2448-0959.
- QUEVEDO, Elena. Granulometría de agregados (grueso y fino). [en línea]. *Universidad Nacional del Santa*. 2013. [Consulta: 13 abril 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3rkCP72>.
- REAL ACADEMIA ESPAÑOLA. Definición de acrílico. Real Academia Española [en línea]. [Consulta: 19 enero 2022]. 2022.
Disponible en: <https://dle.rae.es/acrílico>.
- RESOLUCIÓN de consejo Universitario N° 0126-2017/UCV. Universidad Cesar Vallejo, 23 mayo 2017. Disponible en: <https://bit.ly/3FNSArq>
- SOCIEDAD NACIONAL DE MINERÍA PETRÓLEO Y ENERGÍA. La Norma Técnica. [en línea]. Lima: [Consulta: 5 enero 2022]. Julio 2005.
Disponible en: <https://bit.ly/3JGTut2>.
- TIXCE, Christian. Evolución de las carreteras y otras vías de comunicación, primera parte [en línea]. 17, marzo 2019. [Consulta: 4 enero 2022].
Disponible en: <https://bit.ly/3eUIWIQ>.

Universidad Nacional de Ingeniería. Determinación del límite líquido de los suelos. [en línea]. Lima. 2006. [Consulta: 13 abril 2022]. Disponible en: <https://bit.ly/3xoMBsy>.

ZAMBRANO, Alejandra y CASANOVA, Manuel. Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (cl) y grava arcillosa (gc). Tesis (Ingeniero Civil) [en línea]. Samborondon: Universidad de Especialidades Espíritu Santo, 2016. 159pp.
Disponible en: <https://bit.ly/3G1SoWu>.

ANEXOS

Anexo 1: Matriz de consistencia

“Incorporación de polímero acrílico de estireno y comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo - Espinar 2022”

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIÓN	INDICADORES	METODOLOGÍA
PROBLEMA PRINCIPAL ¿Cómo la incorporación de polímero acrílico de estireno podría mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo?	OBJETIVO PRINCIPAL Mejorar el comportamiento mecánico de la subrasante de la carretera Negromayo por medio de la incorporación de polímero acrílico de estireno.	HIPÓTESIS PRINCIPAL La consistencia líquida del polímero acrílico de estireno facilita su incorporación en el suelo, de esta manera beneficia a las propiedades mecánicas de la subrasante en la carretera Negromayo, Espinar.	VI: • Polímero acrílico de estireno. VD.: • Subrasante.	• Dosificación • Ensayos de laboratorio	• Volumen (L/m ³) • Granulometría • Límites de consistencia • Contenido de humedad • Ensayo de compactación • Relación de soporte California.	MÉTODO DE INVESTIGACIÓN: Hipotético Deductivo DISEÑO DE INVESTIGACIÓN: Experimental GE (A): Y ₁ ⇔ X ⇔ Y ₂ GC (A): Y ₃ ⇔ X' ⇔ Y ₄ GE: Grupo experimental GC: Grupo control
PROBLEMA SECUNDARIO N° 1 ¿Con la incorporación del polímero acrílico de estireno se incrementarían los niveles de consistencia del CBR en la subrasante de acuerdo a las especificaciones requeridas en la norma del MTC?	OBJETIVO SECUNDARIO N° 1 Incrementar los niveles de consistencia del CBR en la subrasante de acuerdo a las especificaciones requeridas en la norma del MTC a través de la incorporación del polímero acrílico de estireno.	HIPÓTESIS SECUNDARIO N° 1 La incorporación de polímero acrílico de estireno en la subrasante incrementa los niveles de consistencia del CBR a un porcentaje mayor de 6% para ser aceptada por el MTC.	VI: • Incorporación de Polímero acrílico de estireno VD.: • CBR	• Dosificación • Capacidad de soporte de	• Volumen (L/m ³) • Humedad de compactación • Densidad • Presión de penetración (mm) • Carga sobre el pistón (MN/m ²)	TIPO DE INVESTIGACIÓN: Aplicada NIVEL DE INVESTIGACIÓN Correlacional POBLACIÓN Carretera Imata-San Genaro con una longitud total de 153 570 kilómetros.
PROBLEMA SECUNDARIO N° 2 ¿Con la incorporación del polímero acrílico de estireno se produciría bajos niveles en porcentaje de expansión en la subrasante de la carretera Negromayo?	OBJETIVO SECUNDARIO N° 2 Producir bajos niveles del porcentaje de expansión de la subrasante de la carretera Negromayo mediante la incorporación del polímero acrílico de estireno.	HIPÓTESIS SECUNDARIO N° 2 La incorporación del polímero acrílico de estireno en la subrasante de la carretera Negromayo lo convierte en un suelo poco permeable por consiguiente reduce el porcentaje de expansión del suelo.	VI: • Incorporación de Polímero acrílico de estireno VD.: • Expansión	• Dosificación • Porcentaje de expansión	• Volumen (L/m ³) • Control del dial.	MUESTRA Tramo de la progresiva 68+000 a la progresiva 69+500. MUESTREO No probabilístico propositivo TÉCNICAS DE OBTENCIÓN DE DATOS: Fuentes primarias: Observación Fuentes secundarias: Textos, tesis, formatos de control, fichas.
PROBLEMA SECUNDARIO N° 3 ¿Cuál es la dosificación óptima de polímero acrílico de estireno que modificaría positivamente el comportamiento de la subrasante sujetos a las especificaciones mínimas requeridas en la norma del MTC?	OBJETIVO SECUNDARIO N° 3 Modificar positivamente el comportamiento de la subrasante sujetos a las especificaciones mínimas requeridas en la norma del MTC por medio una dosificación óptima de polímero acrílico de estireno.	HIPÓTESIS SECUNDARIO N° 3 Una proporción de 3.5 litros de polímero acrílico de estireno por metro cúbico de suelo aumenta la resistencia y cumple con las especificaciones requeridas por el MTC para ser usado como subrasante.	VI: • Incorporación de Polímero acrílico de estireno VD.: • Cumplimiento mínimo de las normas MTC	• Dosificación • Protocolos de ensayos.	• Volumen (L/m ³) • Especificaciones y procedimientos técnicos.	TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO DE DATOS: Observación científica, experimentos y análisis de contenidos

Anexo 2: Matriz de operacionalización de variables.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Polímero acrílico de estireno	<p>El Departamento de Química Física ([sin fecha]) define el polímero acrílico como la unión de finitas moléculas se conocen como monómeros, su formación tienen una estructura similar a la forma de cadenas, sin embargo, algunos pueden tener ramificaciones y todos parecen simples fideos, por esta razón se les conoce como "macromoléculas" (p. 3).</p> <p>La Real Academia Española (2021) define el acrílico como un material plástico obtenido por ácido acrílico. (párr. 1)</p>	<p>Para establecer la cantidad o dosificación de polímero acrílico de estireno en la subrasante se realizarán ensayos establecidos en el Manual de ensayo de materiales establecido por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la forma de incorporación del polímero se obtendrá de la empresa AggreBind.</p>	Dosificación	Volumen	Razón
			Beneficios	Ecológico	
				Económico	
				Control del polvo	
			Ensayos	California Bearing Ratio	
Expansión					
VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Subrasante	<p>El Ministerios de Transportes y Comunicaciones (2016) define la subrasante como la capa que sostiene directamente la estructura del pavimento, se encuentra en contacto directo con el terraplén, se encarga de recibir la carga que soporta la superficie de rodadura. En la ejecución los últimos 0.30 metros de la parte superior de la subrasante deben ser compactado al 95% de la densidad máxima seca, esto se obtiene del ensayo proctor (p. 1041).</p>	<p>Para la determinación de las propiedades del suelo en estado natural, se realizaran ensayos según la norma MTC E 107, MTC E 110, MTC E 111, MTC E 116, MTC E 132, MTC E 108.</p>	Capacidad de soporte	Contenido de Humedad	Razón
				Densidad	
				Presión de penetración	
				Carga sobre el pisto	
				Porcentaje de expansión	
			Humedad optima	Contenido de Humedad Optima	
			Densidad Máxima Seca	Masa seca del suelo	
				Volumen del suelo compactado	
			Categorías de la subrasante	Subrasante inadecuada	
				Subrasante insuficiente	
				Subrasante regular	
				Subrasante buena	
				Subrasante muy buena	
			Ensayos	Subrasante excelente	
				Análisis Granulométrico	
Clasificación SUCS y AASHTO					
Limite Liquido					
Limite Plástico e Índice de Plasticidad					
Proctor Estándar					
California Bearing Ratio (CBR)					
Contenido de humedad					
Porcentaje de expansión					

Anexo 3: Validez y confiabilidad de los instrumentos de recolección de datos.

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"



Arequipa, 7 de febrero del 2022

Señor:

Asunto: **Validación de instrumentos a través de juicio de experto.**

Presente. -

Por la presente, reciba usted el saludo cordial y fraterno a nombre del Bachiller Maria Elisa Esmeralda Solis Quispe autor del proyecto de investigación intitulada: **"Incorporación de polímero acrílico de estireno y comportamiento mecánico de la subrasante en la carretera Negromayo - Espinar 2022"**; por lo que conocedor de su trayectoria profesional y estrecha vinculación en el campo de la investigación, le solicito su colaboración en emitir su JUICIO DE EXPERTO, para la validación del presente instrumento "cuestionario de encuesta sobre la validez del instrumento" de la presente investigación.

Agradeciendo por anticipado su gentil colaboración como experto, me suscribo de usted.

Atentamente.

Solis Quispe, Maria Elisa Esmeralda
D.N.I. 77693851

Adjunto:

1. Matriz de consistencia.
2. Operacionalización de las variables.
3. Ficha cuestionario de juicio de expertos.

Anexo 4: Ficha cuestionario validez del instrumento.

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

FICHA CUESTIONARIO VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

 UCV
UNIVERSIDAD
CENTRO VENEZOLANO

Título del proyecto de tesis: INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022

Nombres completos del autor: María Elisa Esmeralda Solís Quispe

Denominación del instrumento: Procedimientos

Después de haber leído la matriz de consistencia y de operacionalización de variables; analizando los ítems/preguntas del instrumento correspondiente: lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validación marcando los números del puntaje del cuadro - según considere: 1 Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo. VMIN 10 y VMAX: 40 PTS.

N°	INDICADORES	CRITERIOS	PUNTAJE				OBSERVACIONES
			1	2	3	4	
01	Claridad	Se encuentra formulado con lenguaje comprensible.				X	
02	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				X	
03	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.				X	
04	Organización	Existe una secuencia lógica y ordenada en las preguntas.				X	
05	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				X	
06	Intencionalidad	Esta adecuado para evaluar las variables de la hipótesis.				X	
07	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				X	
08	Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables, dimensiones e indicadores.				X	
09	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para corroborar las hipótesis.				X	
10	Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.				X	

Opinion del aplicabilidad

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación

- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Apellidos y nombres de juez validador. Dr./Mg: Veliz Barreto, Alex Mauricio

Profesión del validador: Ingeniero civil

Cargo: Consultor especialista en GYS S.R.L.

CIP: 222756

Correo: servicios@gyspeu.com.pe

Fecha: 08/02/2022



GYS S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN

Alex Mauricio Veliz Barreto
INGENIERO CIVIL - CIP. 222756
PROYECTOS E INGENIERIA

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

FICHA CUESTIONARIO VALIDEZ DEL INSTRUMENTO



Título del proyecto de tesis: INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022

Nombres completos del autor: Maria Elisa Esmeralda Solis Quispe

Denominación del instrumento: Procedimientos

Después de haber leído la matriz de consistencia y de operacionalización de variables; analizando los ítems/preguntas del instrumento correspondiente: lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validación marcando los números del puntaje del cuadro - según considere: 1 Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo. VMIN 10 y VMAX: 40 PTS.

N°	INDICADORES	CRITERIOS	PUNTAJE				OBSERVACIONES
			1	2	3	4	
01	Claridad	Se encuentra formulado con lenguaje comprensible.				✓	
02	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				✓	
03	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.				✓	
04	Organización	Existe una secuencia lógica y ordenada en las preguntas.				✓	
05	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				✓	
06	Intencionalidad	Esta adecuado para evaluar las variables de la hipótesis.				✓	
07	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				✓	
08	Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables, dimensiones e indicadores.				✓	
09	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para corroborar las hipótesis.				✓	
10	Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.				✓	

Opinion del aplicabilidad

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Apellidos y nombres de juez validador. Dr./Mg: Alejandro Quispe Jorge Luis

Profesión del validador: Ing. Civil

Cargo: jefe de laboratorio de Suelos

CIP: 115853

Correo: laboratoriopec@labconsult.pe

Fecha: 07-02-22

Laboratorio de Mecánica de Suelos
Pavimentos y Control
LAB CONSULT INGENIERIA
Ing. Jorge Luis Alejandro Quispe
JEFE DE LABORATORIO
CIP N° 115853

Título del proyecto de tesis: INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022

Nombres completos del autor: María Elisa Esmeralda Solís Quispe

Denominación del instrumento: Procedimientos

Después de haber leído la matriz de consistencia y de operacionalización de variables; analizando los ítems/preguntas del instrumento correspondiente: lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validación marcando los números del puntaje del cuadro - según considere: 1 Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo. VMIN 10 y VMAX: 40 PTS.

N°	INDICADORES	CRITERIOS	PUNTAJE				OBSERVACIONES
			1	2	3	4	
01	Claridad	Se encuentra formulado con lenguaje comprensible.				✓	
02	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				✓	
03	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.				✓	
04	Organización	Existe una secuencia lógica y ordenada en las preguntas.				✓	
05	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				✓	
06	Intencionalidad	Esta adecuado para evaluar las variables de la hipótesis.				✓	
07	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				✓	
08	Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables, dimensiones e indicadores.				✓	
09	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para corroborar las hipótesis.				✓	
10	Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.				✓	

Opinión del aplicabilidad

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Apellidos y nombres de juez validador. Dr./Mg: Alvarez Aroni Julio

Profesión del validador: Consultor en Ingeniería Civil

Cargo: Jefe de Proyectos

CIP: 98954

Correo: jalvarez.consultoria@gmail.com

Fecha: 07/02/2022



Julio Alvarez Aroni
INGENIERO CIVIL
CIP: 98954

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"



FICHA CUESTIONARIO VALIDEZ DEL INSTRUMENTO

Título del proyecto de tesis: INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUBRASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022

Nombres completos del autor: María Elisa Esmeralda Solís Quispe

Denominación del instrumento: Procedimientos

Después de haber leído la matriz de consistencia y de operacionalización de variables; analizando los ítems/preguntas del instrumento correspondiente: lea Ud. Las siguientes preguntas, dándole un puntaje para su validación marcando los números del puntaje del cuadro - según considere: 1 Completamente en desacuerdo 2. En desacuerdo 3. De acuerdo 4. Completamente de acuerdo. VMIN 10 y VMAX: 40 PTS.

N°	INDICADORES	CRITERIOS	PUNTAJE				OBSERVACIONES
			1	2	3	4	
01	Claridad	Se encuentra formulado con lenguaje comprensible.				✓	
02	Objetividad	Esta adecuado a las leyes y principios científicos.				✓	
03	Actualidad	Esta adecuado a los objetivos y a las necesidades reales de la investigación.				✓	
04	Organización	Existe una secuencia lógica y ordenada en las preguntas.				✓	
05	Suficiencia	Toma en cuenta los aspectos metodológicos esenciales.				✓	
06	Intencionalidad	Esta adecuado para evaluar las variables de la hipótesis.				✓	
07	Consistencia	Se respalda en fundamentos técnicos y/o científicos.				✓	
08	Coherencia	Existe coherencia entre los problemas, objetivos, hipótesis, variables, dimensiones e indicadores.				✓	
09	Metodología	La estrategia responde una metodología y diseño aplicados para corroborar las hipótesis.				✓	
10	Pertinencia	El instrumento muestra la relación entre los componentes de la investigación y su adecuación al método científico.				✓	

Opinion del aplicabilidad

- El instrumento cumple con los requisitos para su aplicación
- El instrumento no cumple con los requisitos para su aplicación

Apellidos y nombres de juez validador. Dr./Mg: Aquiles Venegas David
 Profesión del validador: Ingeniero Civil
 Cargo: evaluador
 CIP: 263828
 Correo: david2009@telcel.com
 Fecha: 07/02/22

Anexo 5: Ficha técnica del polímero acrílico de estireno.

AggreBind® FICHA TÉCNICA

DESCRIPCIÓN

AGGREBIND es un polímero acrílico de estireno reticulado soluble al agua. Único en el mundo con un rastreador propietario

VENTAJAS

- Soluble al agua. Se puede mezclar con agua salada, mientras no exceda el 4% de salinidad.
- Uso de materiales in situ
- No tóxico, no inflamable, no corrosivo, no explosivo.
- Seguro con la fauna y flora.
- Cumple la norma USEPA (Agencia de Protección del Medio Ambiente de Estados Unidos)
- Siendo aplicado correctamente el estabilizador cumple con los requerimientos del estándar de la AASHTO (Asociación Americana de Transporte y Carreteras Estatales) para la estabilización de suelos.
- Incremento en resistencia a la carga y tensión
- Incremento de 4 a 6 veces en CBR
- Trazabilidad total una vez finalizada la instalación, asegurando un excelente control de calidad
- Perfecta adherencia a otros materiales (asfalto, concreto, etc)

USOS

- Estabilización de bases para carreteras principales.
- Estabilización y rodadura de terracerías
- Bacheo
- Aditivo para concreto
- Canales de riego
- Bordos
- Rellenos sanitarios, etc.

MODO DE EMPLEO El material a compactar debe tener un contenido mínimo del 35% de finos que pasen por un tamiz 200. En caso de que no cumpla con este requerimiento, agregar material de banco hasta cumplir con estos parámetros.

Escarificar a profundidad deseada conforme a cargas:

<i>Profundidad</i>	<i>Peso</i>
150mm	40 TN
200mm	80 TN
250mm (2 capas de 125mm c/u)	200 TN
300mm (2 capas de 150mm c/u)	700 + TN

- Homogeneizar/mezclar
- Aplicar producto mezclado en agua mediante riego con contenido óptimo de agua para compactar (según prueba proctor)
- Mezclar abundantemente el suelo
- Nivelar
- Compactar

DOSIFICACIÓN

- De acuerdo a análisis granulométrico del suelo 4 litros de AgB/m³ de material a estabilizar
- Realizar prueba proctor para obtener el contenido óptimo de humedad para compactación

OTRA INFORMACIÓN

- Precauciones: ver hoja de seguridad
- Datos técnicos:
- Polímero de estireno acrílico de cadenas cruzadas, soluble al agua en su estado líquido.
- Cuando AggreBind es curado, tiene una tolerancia de temperaturas en el rango de -57°C hasta + 163°C.
- Incremento a resistencia según CBR de entre 4 y 6 veces
- Las pruebas de laboratorio y en sitios de construcción muestran un resistencia a la compresión de hasta 1750 psi (123.07 Kg/cm²) y compactaciones de 95 – 100 proctor modificado y hasta 102 CBR.
- Garantía estructural de 5 años en estabilización de suelos
- Como aditivo para concreto y aplicaciones con cemento, incrementa considerablemente la resistencia, la flexibilidad y durabilidad.



.....
Fernando Castillo
Gerente para Latinoamérica

Anexo 6: Panel fotográfico



Ingreso al sector Negromayo por Condoroma.



Estado actual de la carretera.



Acumulación de lluvia por en el lugar del proyecto de investigación.



Excavación de calicata con maquinaria pesada.



Equipos y muestra para el análisis granulométrico.



Lavado de la muestra para no perder la cantidad total de finos que pasan la malla N° 200.



Materiales utilizados para los ensayos de límites de consistencia.



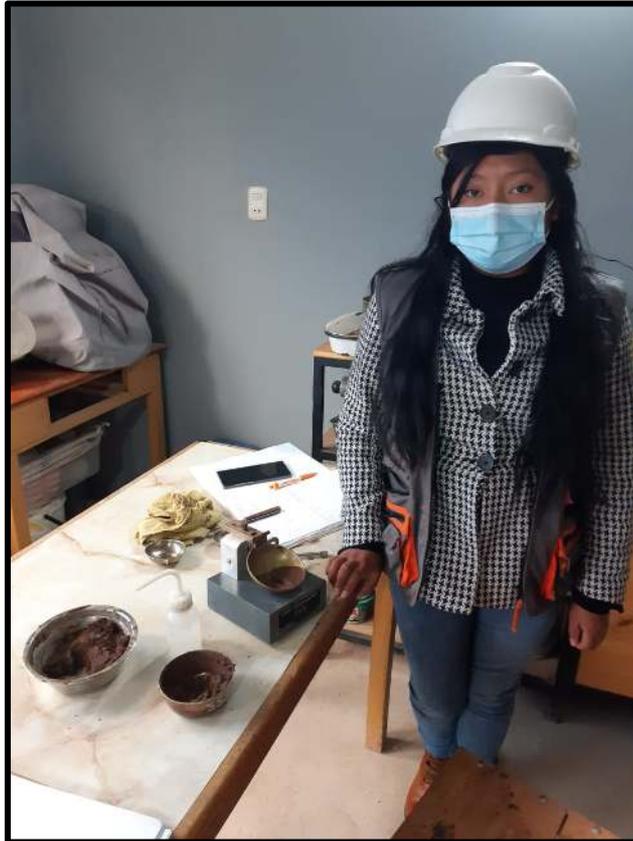
Equipo y muestra de suelo para el análisis de limite plástico.



Pesaje de la muestra que paso del estado plástico al semisólido.



Secado de las muestras mediante la adición de calor brindado por el horno.



Ensayo de límites de consistencia.



Preparación de la muestra e instrumentos para el ensayo de Proctor Estándar.



Ensayo del Proctor estándar.



Control de peso y extracción de muestra para procesamiento de datos.



Instrumentos y muestra para el ensayo del CBR.



Compactación de la muestra.



Colocación de los discos.



Preparación de la muestra para el ensayo de penetración.



Control del DIAL para el cálculo del CBR.



Estado de las muestras después del ensayo de penetración.

Anexo 7: Tabla T para la contrastación de hipótesis.

r	$1 - \alpha$							
	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
∞	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Anexo 8: Certificados de calibración de equipos.

GRUPO ICF
ASSURED ISO

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN
NTP ISO / IEC17025
G y S TECNICAS SAGITARIO S.R.L.
CONSTANCIA DE CALIDAD PARA ENSAYOS DE MATERIALES
NTP/ASTM /MTC

SUELOS

- NTP339.143.
- NTP339.129.
- ASTM D422.
- NTP 339.141
- ASTM D698
- ASTM D1883
- ASTM D2216
- ASTM D854
- ASTM D5856
- ASTM D1140

AGREGADOS

- MTC E 202
- MTC E 203
- ASTM C136
- MTC E205
- MTC E206
- MTC E 207
- MTC E 207
- MTC E208
- MTC E 209
- MTC E 210
- MTC E211
- MTC E212
- MTC E213
- MTC E214
- MTC E216
- MTC E220

MEZCLAS BITUMINOSAS

- ASTM D1188
- MTC E 520
- ASTM D2041
- MTC E509
- ASTM D70
- ASTM D2172
- ASTM D3549
- ASTM D1559

CONCRETO

- ASTM C918
- ASTM C42
- ASTM C39M
- ASTM C805
- ASTM C231
- ASTM C143
- ASTM C109

Instrumentos calibrados-Lab.
acreditados por Dirección de
Acreditación del Instituto Nacional
de Calidad (INACAL).

NTP ISO / IEC 17025



G y S S.R.L.
Proceso
CERTIFICACIÓN
ISO9001:2015



G y S S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS
MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS, ASFALTO Y CONCRETO

ASESORÍA TÉCNICA EN CONTROL DE CALIDAD PARA OBRAS CIVILES Y EDIFICACIONES

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

NTP ISO/IEC17025

CONSTANCIA DE CALIDAD PARA ENSAYOS DE MATERIALES

NTP/ASTM /MTC

SUELOS

- NTP339.143.
- NTP339.129.
- ASTM D422.
- NTP 339.141
- ASTM D698
- ASTM D1883
- ASTM D2216
- ASTM D854
- ASTM D5856
- ASTM D1140

MEZCLAS BITUMINOSAS

- ASTM D1188
- MTC E 520
- ASTM D2041
- MTC E509
- ASTM D70
- ASTM D2172
- ASTM D3549
- ASTM D1559

AGREGADOS

- MTC E 202
- MTC E 203
- ASTM C136
- MTC E205
- MTC E206
- MTC E 207
- MTC E 207
- MTC E208
- MTC E 209
- MTC E 210
- MTC E211
- MTC E212
- MTC E213
- MTC E214
- MTC E216
- MTC E220

CONCRETO

- ASTM C918
- ASTM C42
- ASTM C39M
- ASTM C805
- ASTM C231
- ASTM C143
- ASTM C109

Instrumentos calibrados-Lab.
acreditados por Dirección de
Acreditación del Instituto Nacional
de Calidad (INACAL).

NTP ISO /IEC 17025



G y S S.R.L.
Proceso
CERTIFICACIÓN
ISO9001:2015

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto

2022

☎ (054)617857

☎ 934 535 352

🌐 gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L., cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B lote18 – Alto Selva Alegre – Arequipa – Perú ☎ Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 Lab.ensayos@gysperu.com.pe/servicios@gysperu.com.pe ☎ Ofic.Técnica 934 535 352 / Ofic.Admva 955 447 733

Product Certification

This is to Certify

That the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: AHLSTROM

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3604-10

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: ASTM D1883
AASHTO T193
BS 1377-4 1924:2
EN 13286-47 13286-4

PRODUCT DESCRIPTION: FILTER PAPER, 100/PKG, 5.9 IN (150 MM) DIAMETER,

MODELO: LA-3604-10

DATE: 12/11/2020



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408
Email - sales@forneyonline.com

Product Certification

This is to Certify

That the material herein identified has been inspected and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: FORNEY, LLC

PRODUCT ITEM NUMBER: LA-3551

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: MEETS THE FOLLOWING STANDARDS

ASTM D2419

AASHTO T176

EN933-8

PRODUCT DESCRIPTION: SAND EQUIVALENT TEST SET

MODEL: LA-3551

SERIE: 225

DATA: 12/10/2020



FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instrument(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408
Email - sales@forneyonline.com

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRANOTES

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTME11 - 17

ABERTURA PROMEDIO
AVERAGE APERTURE 869,06 μm
ABERTURA MÁXIMA
MAXIMUM APERTURE 988,04 μm
DIÁMETRO PROMEDIO
AVERAGE DIAMETER 501,01 μm

MALLA No.
MESH No. 20

SERIE No.
SERIAL No. 76621

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT $\pm 15,31 \mu\text{m}$

FECHA
DATE 2020 / 05 / 12

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Piñanta

km 2 Vía Puentes Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega C.1

PINZUAR

WWW.PINZUAR.COM.CO

(Medellín, Cundinamarca).
TEL: (571) 7454555
www.pinzuar.com.co

AC-P-11-F-02 Rev 1

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED

GRANOTES

Manufactured by **PINZUAR**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTME11 - 17

ABERTURA PROMEDIO
AVERAGE APERTURE 2006,33 μm
ABERTURA MÁXIMA
MAXIMUM APERTURE 2038,84 μm
DIÁMETRO PROMEDIO
AVERAGE DIAMETER 902,83 μm

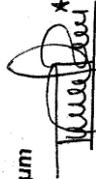
MALLA No.
MESH No. 10

SERIE No.
SERIAL No. 78112

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT $\pm 18,39 \mu\text{m}$

FECHA
DATE 2020-08-04

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

Piñanta

km 2 Vía Puentes Piedra
Parque Industrial **San Isidro**
Bodega C.1

PINZUAR

WWW.PINZUAR.COM.CO

(Medellín, Cundinamarca).
TEL: (571) 7454555
www.pinzuar.com.co

AC-P-11-F-02 Rev 1

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 1268-2020

Página: 1 de 2

1. **SOLICITANTE** G Y S TECNICAS SAGITARIO SRL.

Dirección Av. Cruce de Chilina Mza. B Lte. 18
ALTO SELVA ALEGRE - AREQUIPA

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** MOLDE CILINDRICO

Tipo MOLDE PROCTOR MODIFICACO

Alcance del Molde 6 pulg.(152.4 mm)

Marca NO INDICA

Modelo NO INDICA

Serie NO INDICA

3. **FECHA DE CALIBRACIÓN** 2020-11-04

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Instalaciones de la empresa

5. **MÉTODO DE ENSAYO:**

✓ El equipo Martillo Proctor Modificado ha sido examinado y ensayado en laboratorio según las especificaciones de la Norma de ensayo ASTM D 698 Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Standard Effort (12 400 ft-lbf/ft³(600 kN-m/m³))

6. **TRAZABILIDAD:**

Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología DM-INACAL

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Regla Metalica	LLA-111-2018
	Nivel de referencia	LLA-113-2018
	BaroTermohigrometro	LFP-024-2020 / LH-049-2020

7. **RESULTADOS**

- ✓ Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página siguiente del presente documento
- ✓ La incertidumbre de la medición ha sido determinada según la GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE; con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza del 95%.
- ✓ Este certificado de calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración.
- ✓ Manipular el equipo con cuidado y mantenerlo limpio para evitar la alteración de sus medidas.
- ✓ Con fines de identificación se ha colocado un stiker de color verde en señal de calibrado.



[Signature]
TI. CARLOS BALDARRAGO B. B. HORQUEZ
GERENTE TÉCNICO
SERVITECC E.I.R.L.

Este informe de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales del DM-INACAL o Internacionales, los que realizan las unidades de acuerdo con el sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados del presente documento son válidos solo para el equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está obligado recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados, según el uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

La empresa no se responsabiliza por el uso inadecuado del instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

N° 006118

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Telf: 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>

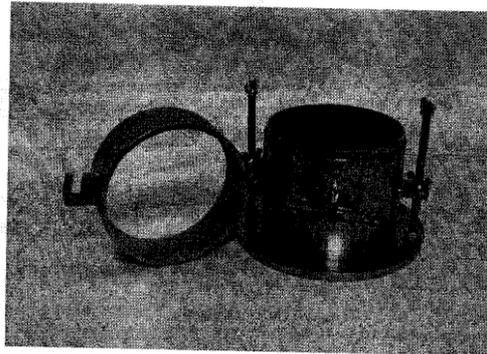
CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 1268-2020

Condiciones ambientales de calibración

Página: 2 de 2

Temperatura ambiente °C	Humedad Relativa %HR	Presión Ambiental mmHg
22,2°	27%	572 mmHg

Vistas y dimensiones del equipo (imagen referencial)



N° 006119

Verificación del Diámetro (mm)

Diámetro interno según norma ASTM	Mediciones (mm)	Promedio (mm)	Desviación (mm)	Tolerancia (mm)	Resultado
152.4 mm	152.03	152.09	-0.31	±0.7 mm	CUMPLE
	152.27				
	152.08				
	151.86				
	152.23				

Verificación de la Altura (mm)

Altura Nominal según Norma ASTM	Mediciones (mm)	Promedio (mm)	Desviación (mm)	Tolerancia (mm)	Resultado
116.4 mm	116.46	116.56	0.16	± 0.5 mm	CUMPLE
	116.60				
	116.68				
	116.69				
	116.38				

Verificación del volumen (cm³)

Volumen según norma ASTM	Valor Medido (cm³)	Desviación (cm³)	Tolerancia (cm³)	Resultado
2124 cm³	2117.6	-6.4	± 25	CUMPLE

✓ El equipo cumple con las condiciones de la Norma ASTM D689 y las especificaciones técnicas del fabricante, estando APTO para su uso.



Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Tel: 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1294-2020

Página: 1 de 3

1. **SOLICITANTE** G Y S TECNICAS SAGITARIO SCRL.

Dirección A.V. Cruce de Chilina Mza. B Lte. 18
ALTO SELVA ALEGRE - AREQUIPA

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** HORNO ELECTRICO

Marca FINEZZA

Modelo FZ-3026HE

N° de Serie NO INDICA

Procedencia CHINA

Tipo de Indicador NO INDICA

Alcance de indicación 100 °C a 250 °C

División de escala 50 °C

Temperatura de Trabajo 150°C

Identificación NO INDICA

3. **FECHA DE CALIBRACIÓN** 2020-11-14

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Instalaciones de la empresa.

5. **MÉTODO CALIBRACIÓN:**

La calibración se efectuó tomando como referencia el PC-018; Procedimiento de calibración de Medios Isotermos con aire como medio termostático.

6. **TRAZABILIDAD:**

Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Termómetro Digital con 12 Sensores de Temperatura tipo K	LT-071-2020
	BaroTermoHigrometro	LFP-024-2020 / LH-049-2020

7. **CONCLUSION:**

- Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las páginas siguientes del presente documento.
- Las mediciones se realizaron después de 1 hora de haber obtenido la estabilización de la temperatura de trabajo del equipo y durante 60 minutos.
- La incertidumbre de medición ha sido determinada según la GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE; con un factor de cobertura $K=2$, para un nivel de confianza del 95%.
- Este Certificado de Calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración.
- EL equipo presenta un termostato para el control de la temperatura de trabajo.
- Al instrumento de medición se ha colocado un stiker color verde en señal de calibrado.

SELLO



[Signature]
M. Carlos Baldarrago Bohórquez
GERENTE TÉCNICO
SERVITECC E.I.R.L.

N° 006430

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Tel: 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>

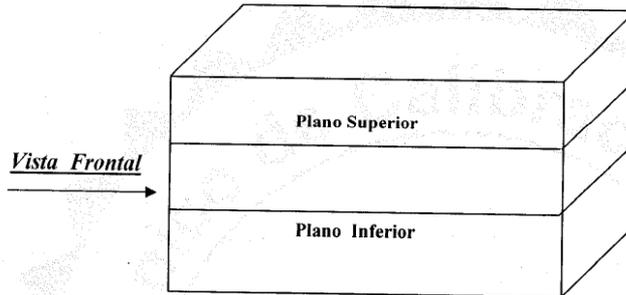
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1294-2020

Página: 2 de 3

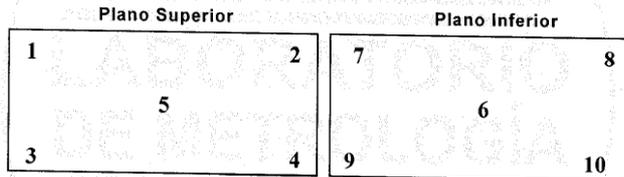
Las condiciones ambientales durante la calibración fueron de:

Temperatura Ambiente °C	Humedad Relativa % HR	Presión Ambiental mmHg
23.1°	24%	572 mmHg

Vistas y dimensiones del volumen interior del equipo Calibrado:



La distribución de los termopares en los planos de medición.



Los puntos de medición correspondientes a los números 1, 2, 3, 4, 7, 8, 9, 10 se ubican a 3 cm de las paredes internas del fondo y del frente del equipo y los puntos 5, 6, se encuentran en el punto medio del plano respectivo según las figuras de cada plano.

Temperatura verificada °C	Temperatura media del ensayo °C	Máxima Incertidumbre expandida °C	Temperatura del termómetro del equipo
150	132.7	6.0	(*)

(*) El equipo presenta una perilla con la indicación de 150° como control de temperatura.



N° 006431

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Tel. 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° 1294-2020

CALIBRACION DE TEMPERATURA A: 150 °C

Página 3 de 3

Tiempo (min)	T° de Ind. del Equipo	TEMPERATURAS EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T° promedio °C	Tmax-Tmin (°C)
		Plano Inferior					Plano Superior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00		127.5	130.4	131.2	130.4	125.6	137.3	137.5	139.0	132.4	134.9	132.6	13.4
02		128.8	132.2	131.0	132.3	123.6	137.4	136.9	139.6	133.6	134.4	133.0	16.0
04		129.7	130.4	132.0	131.2	122.1	138.3	138.1	140.2	133.3	134.7	133.0	18.1
06		126.5	128.9	130.5	130.0	123.5	136.7	137.3	138.4	131.5	134.0	131.7	14.9
08		129.0	130.8	131.4	131.9	122.6	137.6	137.4	139.6	133.3	134.3	132.8	17.0
10		128.8	133.2	131.6	130.8	121.7	137.8	137.8	139.6	133.6	134.2	132.9	17.9
12		125.0	130.9	129.4	132.2	123.6	136.0	135.2	137.7	131.9	133.1	131.5	14.1
14		129.6	128.6	131.5	131.7	127.5	137.6	137.6	139.5	132.9	135.6	133.2	12.0
16		128.5	133.0	131.3	130.7	124.6	137.6	137.7	139.3	133.4	134.8	133.1	14.7
18		124.4	127.6	128.5	132.9	123.5	135.7	134.2	137.7	130.9	132.8	130.8	14.2
20		129.9	129.5	131.7	131.6	125.8	138.0	137.8	139.9	133.2	135.4	133.3	14.1
22		128.5	132.8	131.4	130.8	125.0	137.8	137.8	139.6	133.4	135.1	133.2	14.6
24		125.0	128.4	129.3	133.4	123.5	136.2	134.5	138.3	131.5	133.1	131.3	14.8
26		130.5	127.6	132.2	131.8	125.1	138.6	138.1	140.4	133.0	135.6	133.3	15.3
28		128.5	128.2	131.6	130.8	123.5	137.9	137.8	139.7	132.3	134.7	132.5	16.2
30		125.5	130.6	129.0	133.7	125.2	136.7	134.8	138.8	132.2	133.9	132.0	13.6
32		130.1	128.2	132.2	131.6	123.9	138.6	138.2	140.4	133.0	135.3	133.2	16.5
34		128.1	131.9	131.4	130.7	122.1	137.8	137.9	139.6	133.0	134.4	132.7	17.5
36		126.0	129.3	130.0	133.7	124.3	137.1	135.7	139.3	132.3	134.1	132.2	15.0
38		130.7	127.6	132.6	131.8	123.8	138.9	138.4	140.8	133.2	135.5	133.3	17.0
40		128.0	130.9	131.5	130.8	127.6	137.8	138.0	139.6	132.8	135.8	133.3	12.0
42		126.9	129.3	130.8	133.0	125.8	137.2	136.4	139.7	132.5	134.8	132.6	13.9
44		130.2	130.3	132.4	131.6	123.4	138.6	138.4	140.6	133.6	135.2	133.4	17.1
46		127.3	129.5	131.1	130.7	124.2	137.2	137.9	139.1	132.2	134.6	132.4	14.9
48		128.3	130.3	130.9	132.5	127.9	137.5	137.1	139.4	133.0	135.5	133.2	11.5
50		129.9	131.1	131.9	131.3	125.9	138.4	138.3	140.0	133.6	135.7	133.6	14.1
52		126.9	129.4	130.7	130.4	123.6	136.9	137.8	138.5	131.9	134.2	132.0	14.9
54		129.0	133.3	131.3	132.2	128.1	137.3	137.4	139.4	134.0	135.6	133.8	11.3
56		129.3	133.5	131.7	131.1	124.4	137.8	138.2	139.7	133.9	135.0	133.5	15.3
58		125.8	129.8	130.0	132.7	125.5	136.2	136.5	137.8	132.1	134.0	132.0	12.3
60		129.6	127.4	131.6	132.0	127.2	137.6	137.9	139.6	132.7	135.6	133.1	12.4
T, Prom,		128.1	130.2	131.1	131.7	124.6	137.6	137.2	139.4	132.8	134.7	132.7	
T, Max,		130.7	133.5	132.6	133.7	128.1	138.9	138.4	140.8	134.0	135.8		
T, Min,		124.4	127.4	128.5	130.0	121.7	135.7	134.2	137.7	130.9	132.8		
DTT		6.3	6.1	4.1	3.7	6.4	3.2	4.2	3.1	3.1	3.0		

N° 006432

Parametro	Valor °C	Incertidumbre °C
Maxima temperatura Medida	140.8	1.2
Minima Temperatura Medida	121.7	1.2
Desviacion de la Temperatura en el Tiempo	6.4	3.7
Desviacion de la temperatura en el Espacio	14.7	6.0
Estabilidad Medida (±)	3.2	1.8
Uniformidad Medida	6.8	1.5



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

T, Prom, Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición para un instante dado

T, Max, Temperatura máxima

T, Min, Temperatura mínima

DTT, Desviación de temperatura en el tiempo

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Telf. 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
http://www.servitecc.com/

**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CL-713-2021**

Solicitante : G Y S TECNICAS SAGITARIO S.R.L.

Dirección : MZA. B LOTE. 18 A.V. CRUCE DE CHILINA - AREQUIPA - ALTO SELVA ALEGRE

Instrumento de Medición : CONO PARA DENSIDADES 61/2"

Marca : AG4 INGENIERIA & METROLOGIA

Modelo : AS-50

Serie : 288

Identificación : NO INDICA

Procedencia : PERÚ

Lugar de medición : Lab. Longitud de AG4 INGENIERIA & METROLOGIA

Fecha de medición : 2021-12-10

Fecha de Emisión : 2021-12-10

Método de medición Empleado

Tomando como referencia el manual de ensayo de materiales (EM 2000) Ensayo para determinar la densidad de los suelos en el campo por el metodo del cono de arenas MTC E 117 - 2000 Y LA NORMA ASTM D1556 "Standard Test Method for Density and unit weight of soil in place by teh sand - cone method.

Condiciones Ambientales:

	Inicial		Final	
Temperatura	19.5	°C	19.6	°C
Humedad Relativa	52	%HR	51	%HR

Resultados de las Mediciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en las siguientes páginas del presente documento.

La incertidumbre de la medición que se presenta esta basada en una incertidumbre estándar multiplicado por un factor de cobertura k=2, el cual proporciona un nivel de confianza de aproximadamente 95 %.

Observaciones:

(*) Código asignado por AG4 INGENIERIA & METROLOGIA

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patron de referencia	Pie de rey	L-0458-2021
Patron de referencia	Cinta Metrica	L-0458-2021

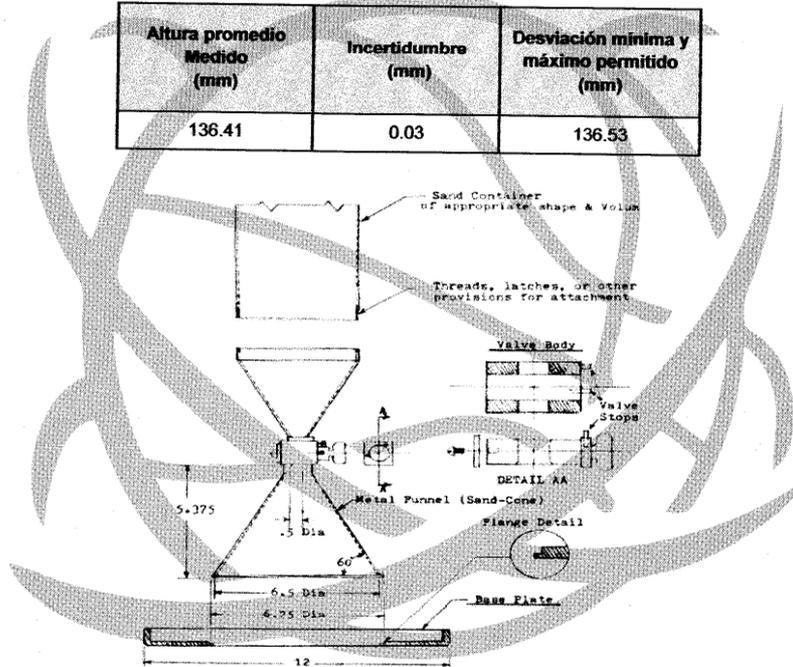
Luigi Asenjo G.
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE AG4 INGENIERIA Y METROLOGIA S.R.L.

RESULTADO DE MEDIONES

Diametro Inferior promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
164.81	0.03	165.10

Altura promedio Medido (mm)	Incertidumbre (mm)	Desviación mínima y máximo permitido (mm)
136.41	0.03	136.53



Metric Equivalents	
In.	mm
.5	12.5
5.375	136.5
6.5	165.1
6.75	171.5
12	304.8

NO SCALE



Luigi Asenjo
Jefe de Metrología

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE AG4 INGENIERÍA Y METROLOGÍA S.R.L.



AG4

INGENIERIA & METROLOGIA S.R.L.

CERTIFICADO DE CALIDAD

PRODUCTO : CARBURO DE CALCIO
NOMBRE TECNICO : CARBURO DE CALCIO
NORMAS DE ENSAYO : -----
FECHA DE PRODUCCION : NOVIEMBRE 2021

RESULTADO DE ANALISIS

PROPIEDADES	RESULTADOS
Formula Química	CaC ₂
Solución de agua	100% soluble
Gravedad específica	64.10
Composición	100% puro
Punto de fusión	2300°C (4172 °F) 75-20-7
Numero CAS	NR
Numero UN	NR
pH en solución	NR
Solubilidad en agua	Reacciona con agua formando hidróxido de calcio. Liberando el gas de acetileno

- Certificamos que los datos corresponden al certificado analítico recibido por nuestro proveedor.
- Esta información no libera al cliente de hacer su propio control una vez recibida la mercadería.
- El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

Atentamente


Control de Calidad
AG4 INGENIERIA



 Av. Betancourt Mz.C Lt.31 - Los Olivos
Lima 39 - Perú

 ventasag4ingenieria@gmail.com
ventas@ag4im.com



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN LP-389-2021

Solicitante : G Y S TECNICAS SAGITARIO S.R.L.

Dirección : MZA. B LOTE. 18 A.V. CRUCE DE CHILINA
AREQUIPA - AREQUIPA - ALTO SELVA ALEGRE.

Instrumento de Medición : MEDIDOR DE HUMEDAD

Marca : SOLOTEST

Modelo : 1.050.001

Serie : 26653

Marca del Manómetro : SOLOTEST

Alcance Máximo : 12% HR

Tipo de Indicación : Analógica

Lugar de Calibración : Laboratorio Metrología PYS EQUIPOS EIRL

Fecha de Calibración : 2021-12-09

Fecha de emisión : 2021-12-09

Método de calibración empleado

La calibración se efectuó con patrones que tiene trazabilidad al SNM – INDECOPI
Agregado al método de comparación indirecta utilizando una muestra de humedad de referencia

Observaciones

Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
El ensayo se realizó con 6 g de muestra.
El resultado de cada uno de las mediciones en el presente documento es de un promedio de dos valores en un mismo punto.
Los resultados indicados en el presente documento son válidos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe usarse como certificado de conformidad de producto.
PyS EQUIPOS EIRL, no se hace responsable por los perjuicios que pueda ocasionar el uso incorrecto o inadecuado de este instrumento y tampoco de interpretaciones incorrectas o indebidas del presente documento.
El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes.
El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
☎ Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe



LABORATORIO DE METROLOGIA

PATRONES DE REFERENCIA

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

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrón de referencia de INACAL	Instrumento de medición de presión relativa	LFP-296-2020

RESULTADO DE MEDICION}

Lectura Patrón (% HR)	Lectura L1 Ascendente (PSI)	Lectura L2 Descendente (PSI)	PROMEDIO (PSI)
0.00	0.00	0.00	0.00
4.00	6.44	6.41	6.43
8.00	12.86	12.83	12.85
12.00	19.28	19.24	19.26
16.00	25.67	25.65	25.66
20.00	32.09	32.07	32.08

ENSAYO COMPARATIVO CON MUESTRA

Humedad de Ensayo / % de aire (% HR)	Indicación del instrumento a calibrar	Humedad Error (%)	Incertidumbre (%)
0.00	0.00	0.00	0.0
5.00	5.00	0.00	0.0
10.00	10.00	0.00	0.1
15.00	15.20	0.20	0.1

Incertidumbre: La incertidumbre de medición reportada ha sido calculada de acuerdo a la guía OIML G1-100-en: 2008 (JCGM 100:2008) y OIML g1-104-en: 2009 (JCGM 104:2009) "guía para la expresión de la incertidumbre en las mediciones", la cual sugiere desarrollar un modelo matemático que tome en cuenta los factores de influencia durante la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de las variaciones a largo plazo. La incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre Expandida (u) y se obtiene de la multiplicación de la incertidumbre estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k). Generalmente se expresa un factor k=2 para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

E.P.P.
Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrología

Angel Perez B.
Calibrado por:
Angel Perez B.
Dpto. de Metrología



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 ☎ Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

LABORATORIO DE METROLOGIA

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de las Cargas

2	5
1	
3	4

	Inicial	Final
Temp. °C	18.8	18.8

	Inicial	Final
H.R. (%)	70	70

Posición de la Carga	Determinación del Error en Cero Eo			Determinación del Error Corregido Ec				E. M. P. ± (g)		
	Carga Mínima*	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)		E (g)	Ec (g)
1	0.10	0.10	0.05	0.000	160.00	160.0	0.05	0.000	0.000	0.2
2		0.10	0.05	0.000		160.0	0.06	-0.010	-0.010	0.2
3		0.10	0.06	-0.010		160.0	0.06	-0.010	0.000	0.2
4		0.10	0.05	0.000		160.0	0.06	-0.010	-0.010	0.2
5		0.10	0.05	0.000		160.0	0.05	0.000	0.000	0.2

* Valor entre 0 y 10e

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. °C	18.8	18.8

	Inicial	Final
H.R. (%)	70	70

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				E. M. P. ± (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1.0	1.0	0.05	0.000						
2.0	2.0	0.05	0.000	0.000	2.0	0.05	0.000	0.000	0.1
5.0	5.0	0.06	-0.010	-0.010	5.0	0.06	-0.010	-0.010	0.1
10.0	10.0	0.06	-0.010	-0.010	10.0	0.06	-0.010	-0.010	0.1
20.0	20.0	0.05	0.000	0.000	20.0	0.06	-0.010	-0.010	0.1
50.0	50.0	0.06	-0.010	-0.010	50.0	0.06	-0.010	-0.010	0.1
100.0	100.0	0.06	-0.010	-0.010	100.0	0.05	0.000	0.000	0.2
200.0	200.0	0.05	0.000	0.000	200.0	0.06	-0.010	-0.010	0.2
300.0	300.0	0.06	-0.010	-0.010	300.0	0.06	-0.010	-0.010	0.3
400.0	400.0	0.06	-0.010	-0.010	400.0	0.06	-0.010	-0.010	0.3
500.0	500.0	0.07	-0.020	-0.020	500.0	0.07	-0.020	-0.020	0.3

$$E = I + \frac{1}{2}e - \Delta L - L$$

$$Ec = E - Eo$$

OBSERVACIONES: La Incertidumbre de la medición ha sido determinada con un factor de cobertura K = 2, para un nivel de confianza del 95%. Donde I = Indicación de la balanza.

INCERTIDUMBRE DE LA MEDICIÓN: $U = 7 \text{ mg} + (2.5 \times 10^{-5})I$

EPP
Revisado por:
Eler Pozo S
Dpto. Metrología

Angel Perez Barroso
Calibrado por:
Angel Perez Barroso
Dpto. Metrología





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP - 296 - 2020

Página 1 de 4

Expediente	1041232	<p>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)</p> <p>La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).</p> <p>La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p>
Solicitante	PYS EQUIPOS EIRL	
Dirección	Calle 4, Mz F1 Lt 05 Urb. Virgen Del Rosario	
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICIÓN DE PRESIÓN RELATIVA	
Intervalo de Indicaciones	0 bar a 40 bar	
Resolución	0,001 bar	
Clase de Exactitud	0,05 % FS	
Marca	RITHERM	
Modelo	3310 (*)	
Número de Serie	1504011313DN	
Procedencia	NO INDICA	
Fecha de Calibración	2020-12-18	

Este certificado de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Certificados sin firma digital y sello carecen de validez.



Responsable del área

Responsable del laboratorio

Dirección de Metrología

Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias Nº 817, San Isidro, Lima – Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe

Puede verificar el número de certificado en la página:
<https://aplicaciones.inacal.gob.pe/dm/verificar/>



INACAL

Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP – 296 – 2020

Página 2 de 4

Método de Calibración

Método de comparación directa

Lugar de Calibración

Laboratorio de Fuerza y Presión
Calle De la Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

	INICIO	FINAL
Temperatura	20,0 °C	20,1 °C
Humedad Relativa	55,8 %	55,7 %
Presión Atmosférica	992,6 mbar	992,7 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad metrológica	Patrón de medición	Documento de calibración
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Instrumento de medición de presión LFP 02 024 Clase de exactitud: 0,0024 % FS	INACAL DM/LFP-077-2020 de 2020-06-01
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	Instrumento de medición de presión LFP 02 024 Clase de exactitud: 0,008 % LECTURA	INACAL DM/LFP-076-2020 de 2020-06-01

Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde INACAL - DM.
(*) Información tomada de su manual.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología
Laboratorio de Fuerza y Presión

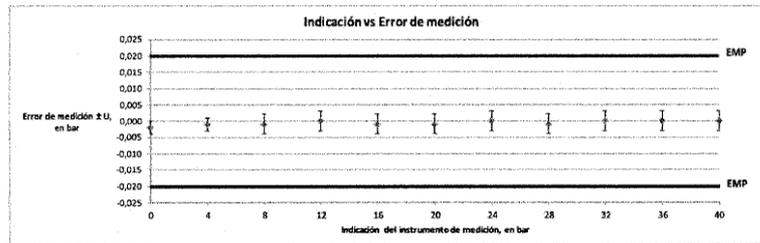
Certificado de Calibración LFP – 296 – 2020

Página 3 de 4

Resultados de Medición

Indicación del instrumento de medición		Error de medición (bar)	Histeresis (bar)	Incertidumbre de medición (bar)
(Pa)	(bar)			
0	0,000	-0,002	0,000	0,002
400 000	4,000	-0,001	0,002	0,002
800 000	8,000	-0,001	0,000	0,003
1 200 000	12,000	0,000	0,000	0,003
1 600 000	16,000	-0,001	0,001	0,003
2 000 000	20,000	-0,001	0,000	0,003
2 400 000	24,000	0,000	0,000	0,003
2 800 000	28,000	-0,001	0,000	0,003
3 200 000	32,000	0,000	0,000	0,003
3 600 000	36,000	0,000	0,001	0,003
4 000 000	40,000	0,000	0,001	0,003

Error de descenso = Error de medición + Histeresis
Error máxima permitida (EMP) = 0,020 bar





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Certificado de Calibración

LFP – 296 – 2020

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

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

Recalibración

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

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metrológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metrológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metrológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metrológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.



Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que estar dentro de las tolerancias prescritas.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: CALIBRADOR DE PARTICULAS ALARGADAS.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS

CODIGO DEL PRODUCTO: 42-0820

SERIE:200

FECHA: 10/12/2021

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apozo@pys.pe
www.pys.pe



Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que estar dentro de las tolerancias prescritas.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO: CALIBRADOR DE PARTICULAS LAJEADAS.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS

CODIGO DEL PRODUCTO: 42-0410

SERIE:200

FECHA: 10/12/2021

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

316-CM-M-2020

Área de Metrología

Página 1 de 3

Expediente : 998-12-2020

Solicitante : P Y S EQUIPOS E.I.R.L.

Dirección : Cal. 4 Mza. F1 Lote 05 Urb. Virgen del Rosario - San Martín de Porres - Lima - Perú

Equipo/ Instrumento : PESAS

Marca : No indica

Modelo : No indica

Serie : 530

Identificación : No indica

Ubicación : No indica

Procedencia : No indica

Valor Nominal : 1 g a 2 kg

Cantidad : 13

Clase : M2

Material : Bronce Cromado

Fecha de calibración : 2020-12-16

Lugar : Laboratorio 02 - CORPORACIÓN 2M & N S.A.C
Jr. Chiclayo Nro. 489, Int A - Rimac - Lima.

Método utilizado : Por comparación, Según el PC-008 Procedimiento para la calibración de pesas de trabajo.
Clases M2, M2-3 y M3, 2da edición - Enero, 2009. SNM - INDECOPI

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 equipo o reglamentaciones vigentes.

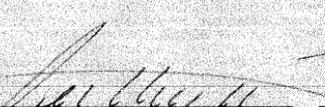
Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del Sistema de Calidad

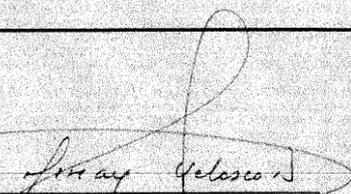
CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



2020-12-18

Fecha de emisión


Ángel G. Álvarez Navarro
Jefe de Metrología


Mirian A. Velasco Navarro
Gerente General

Condiciones ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,9	23,4
Humedad Relativa (%hr)	58,0	64,5
Presión atmosférica (hPa)	993,3	993,1

Patrones de referencia:

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	Código	Certificado de calibración
Patrones de Referencia a LO JUSTO S.A.C.	Juego de Pesas de 1 mg a 2 kg Clase F2	M047	IP-107-2020

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva, indicando el código de servicio N° 00630-A y la fecha de calibración, en la caja que contiene al juego de pesas.
- Manipular las pesas con cuidado y mantenerlas limpias para evitar la alteración de su masa.

Resultados de medición:

Valor nominal	Identif.	Masa Convencional	Incertidumbre	Forma	Material	Clase	Cavidad de Ajuste	E.M.P. (**)
1 g	---	1 g + 1,7 mg	1,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	3 mg
2 g	---	2 g + 0,7 mg	1,2 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	4 mg
5 g	---	5 g + 2,5 mg	1,6 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	5 mg
10 g	A	10 g + 1,1 mg	2,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	6 mg
10 g	B	10 g + 1,3 mg	2,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	6 mg
10 g	---	10 g + 0,1 mg	2,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	6 mg
20 g	---	20 g + 2,3 mg	2,5 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	No tiene	8 mg
50 g	---	50 g + 2,0 mg	3,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	10 mg
100 g	A	100 g + 3,1 mg	5,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	16 mg
100 g	B	100 g + 3,0 mg	5,0 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	16 mg
200 g	---	200 g - 78 mg	10 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	30 mg
1 kg	---	1 kg + 33 mg	50 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	160 mg
2 kg	---	2 kg + 0,05 g	0,10 g	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	0,3 g

Cód. de Servicio: 00630-A



Cód. FT-M-02 Rev. 04

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N.S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

Resultados de medición: Después del Ajuste

Condiciones ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	20,8	21,1
Humedad Relativa (%hr)	57,0	58,0
Presión atmosférica (hPa)	993,3	993,3

Valor nominal	Identif.	Masa Convencional	Incertidumbre	Forma	Material	Clase	Cavidad de Ajuste	E.M.P. (**)
200 g	---	200 g - 4 mg	10 mg	Cilíndrica con Botón	Bronce Cromado	M2	Tiene	30 mg

Nota

- (**) Error máximo permisible para pesas de clase M2 según NMP 004 PESAS DE LAS CLASES E1, E2, F1, F2, M1, M1-2, M2, M2-3 y M3

FIN DEL DOCUMENTO



Cód. de Servicio: 00630-A

Cód. FT-M-02 Rev. 04

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Punto de Extensión: 50.8 Milímetros.

NOMBRE DEL PRODUCTO: TRÍPODE DE EXPACIÓN PARA CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS141.

SERIE DEL PRODUCTO: 222

SERIE DEL DIAL: 7604

FECHA: 12/11/2020



Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Diámetro externo: 150.8 mm.

Altura: 61.37 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: DISCO ESPACIADOR

(FALSO FONDO PARA CBR).

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS144.

SERIE DEL PRODUCTO: 221

FECHA: 12/11/2020



Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883; NTC- 2122.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Placa base: 149.23 mm. (5-7/8") perforada.

Nº de agujero: 42 de 1.59 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PLACA DE EXPANSIÓN PARA CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS140.

SERIE DEL PRODUCTO: 271

FECHA: 12/11/2020

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883; NTC- 2122.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Placa base: 149.23 mm. (5-7/8") perforada.

Nº de agujero: 42 de 1.59 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PLACA DE EXPANSIÓN PARA CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS140.

SERIE DEL PRODUCTO: 272

FECHA: 12/11/2020



Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883; NTC- 2122.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Abierta y cerrada peso: 2.27 kg (5 libras c/u)

Diámetro Interno: 53.98 mm.

Diámetro Externo: 149.23 a 150.81 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: JUEGO DE PESAS ABIERTA Y CERRADA.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS139.

SERIE DEL PRODUCTO: 273

FECH: 12/11/2020

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apozo@pys.pe
www.pys.pe


Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883; NTC- 2122.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Placa base: 149.23 mm. (5-7/8") perforada.

Nº de agujero: 42 de 1.59 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PLACA DE EXPANSIÓN PARA CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS140.

SERIE DEL PRODUCTO: 273

FECHA: 12/11/2020



Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El equipo identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que estar dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de fabricación: NTC 2122.

NOMBRE DEL PRODUCTO: PRENSA PARA ENSAYOS CBR MANUAL DIGITAL.

DESCRIPCIÓN:

Celda de carga de 5000Kg.

Indicador digital.

Dial de 0.001" de penetración con su fijador mecánico.

Gato manual de dos velocidades.

Pistón de penetración.

MARCA	CÓDIGO	SERIE DE PRENSA	SERIE DE DIAL
PYS EQUIPOS	PYS145	211	6856

FECHA: 12/11/2020

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS

EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Telf.: 522 0723

☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

ventas@pys.pe / apoza@pys.pe

www.pys.pe



Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883; NTC- 2122.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Abierta y cerrada peso: 2.27 kg (5 libras c/u)

Diámetro Interno: 53.98 mm.

Diámetro Externo: 149.23 a 150.81 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: JUEGO DE PESAS ABIERTA Y CERRADA.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS139.

SERIE DEL PRODUCTO: 272

FECH: 12/11/2020



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad

PyS

EQUIPOS

Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883; NTC- 2122.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Abierta y cerrada peso: 2.27 kg (5 libras c/u)

Diámetro Interno: 53.98 mm.

Diámetro Externo: 149.23 a 150.81 mm.

NOMBRE DEL PRODUCTO: JUEGO DE PESAS ABIERTA Y CERRADA.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS139.

SERIE DEL PRODUCTO: 271

FECH: 12/11/2020

PyS
EQUIPOS

Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Telf.: 522 0723

☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

ventas@pys.pe / apozo@pys.pe

www.pys.pe


Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Molde: 152.4 mm X 177.8 mm a (6" x 7").

Collarín: 50.8 mm (2").

Base: Perforada con agujeros de 1.58 mm de diámetro.

NOMBRE DEL PRODUCTO: MOLDE PARA COMPACTACIÓN CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS138

SERIE DEL PRODUCTO: 266

FECHA: 12/11/2020

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe



Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Molde: 152.4 mm X 177.8 mm a (6" x 7").

Collarín: 50.8 mm (2").

Base: Perforada con agujeros de 1.58 mm de diámetro.

NOMBRE DEL PRODUCTO: MOLDE PARA COMPACTACIÓN CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS138

SERIE DEL PRODUCTO: 265

FECHA: 12/11/2020

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apoza@pys.pe
www.pys.pe



Equipos para Laboratorio de Ingeniería Civil: Suelo, Asfalto, Concreto, Agregado y Granulometría

CERTIFICADO DE CALIDAD

El material identificado en el presente documento ha sido inspeccionado, y revisado de acuerdo con procedimientos estándar, se establece y se encuentra que está dentro de las tolerancias prescritas.

ESPECIFICACIONES DE LAS NORMAS:

Norma de ensayo: ASTM D- 1883.

DESCRIPCIÓN DEL PRODUCTO:

Molde: 152.4 mm X 177.8 mm a (6" x 7").

Collarín: 50.8 mm (2").

Base: Perforada con agujeros de 1.58 mm de diámetro.

NOMBRE DEL PRODUCTO: MOLDE PARA COMPACTACIÓN CBR.

MARCA DEL PRODUCTO: PYS EQUIPOS.

CODIGO DEL PRODUCTO: PYS138

SERIE DEL PRODUCTO: 264

FECHA: 12/11/2020

Aprobado: Amed Castillo
Control de Calidad



Calle 4, Mz. F1 Lt. 5 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 522 0723
☎ Cel: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
ventas@pys.pe / apozo@pys.pe
www.pys.pe



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número: 1161 / 2020
Number:

INSTRUMENTO : PRENSA C.B.R.
Instrument

FABRICANTE : PYS EQUIPOS
Manufacturer

MODELO : PYS145
Model

NÚMERO DE SERIE : 211 Indicador: 13121181
Serial Number

RANGO DE MEDICION : 0 - 5000 kgf
Measurement range

SOLICITANTE : G Y S TECNICAS SAGITARIO S.R.L.
Customer

CLASE DE PRECISION : 1
Accuracy

FECHA DE CALIBRACION : 12 - 11 - 2020
Date of calibration

NUMERO DE PAGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS: (CUATRO)
Number of pages of this certificate and documents attached

Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas.No podrá ser reproducido total o parcialmente, excepto cuando se haya obtenido previamente permiso por escrito de la organización que lo emite.
This certificate is an accurated record of the results of measurements performed. This certificate may not be partially reproduced, except whith the prior written permission of the issuing organization.

Los resultados contenidos en el presente certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. La organización que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos calibrados.
The result of this certificate refer to the moment and conditions in which the measurements were made. The issuing organization assumes no responsibility for damages ensuing misuse of the calibrated instruments

El usuario es responsable de la recalibración de sus instrumentos a intervalos apropiados
The user is responsible for having the apparatus calibrated at appropriated intervals

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número: 1161 / 2020
Number:

OBJETO DE PRUEBA : PRENSA C.B.R. DIGITAL
 TRABAJO REALIZADO : CALIBRACIÓN
 METODO UTILIZADO : COMPARACIÓN DIRECTA
 SITIO DE CALIBRACIÓN : LABORATORIO METROLOGIA PYS EQUIPOS

RESULTADOS DE LA CALIBRACIÓN:

La MAQUINA descrita **CUMPLE** con los errores máximos tolerados en uso, según lo estipulado en la Norma Técnica Colombiana **NTC-ISO 7500-1** verificación de máquinas de ensayo uniaxiales estáticos. parte 1: máquinas de ensayo de tracción/compresión verificación y calibración del sistema de medida de fuerza.

CLASIFICACIÓN DE LA MÁQUINA

Error de Exactitud	0.400	%	Error de cero	0	%
Error de Repetibilidad	0.300	%	Error por accesorios	---	%
Error de Reversibilidad	---	%	Resolución	2,048	%

De acuerdo con los datos anteriores y según la clasificación de la Norma internacional ISO 7500-1 la máquina de ensayos se encuentra clasificada

Escala 5000 kgf Compresión Clase 1 Desde el 10% hasta el 100%



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



LABORATORIO DE METROLOGIA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
Certificate of calibration

Número: 1161 / 2020
Number:

TRAZABILIDAD:

PATRÓN DE CALIBRACIÓN

Celda de carga	KELI
Número de Serie	5V51168
Capacidad	10000 kg
Indicador Digital	HIGH WEIGHT
Modelo	315-X5
Número de serie	0215519
Resolucion	0.1kg

La celda patrón empleada en la calibración mantiene la trazabilidad durante las mediciones realizadas a la máquina de ensayo ya que se encuentra trazada por el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica del Perú. Expediente: INF-LE 301-19

RECOMENDACIONES:

- 1- Es necesario implementar un programa de comprobación continua de la MAQUINA con patrones adecuados.
- 2- Se debe implementar un programa de aseo permanente para la MAQUINA. Esto con el fin de tratar de garantizar un correcto funcionamiento

FIRMAS AUTORIZADAS
Authorized signatures.

Revisado por:
Eler Pozo S.
Dpto. de Metrología

Calibrado por:
Amed Castillo Espinoza
Técnico en Metrología

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe



PYS EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

1 DE 1

PROTOCOLO DE CALIBRACIÓN

Prueba No. 1161-20

Fecha: 12/11/2020

FABRICANTE : PYS EQUIPOS
 SOLICITANTE : G Y S TECNICAS SAGITARIO S.R.L.
 UBICACIÓN : LABORATORIO PYS EQUIPOS
 TIPO DE MAQUINA : PRENSA CBR
 No. SERIE : 211 Serie Indicador: 13121181
 MODELO : PYS145
 CAPACIDAD MÁXIMA: 5000 kgf

DIVISIÓN DE ESCALA (d) = (e) = 0.1
 CARGA MÁXIMA 5000 Kgf

Lectura Máquina (F)		Lectura del patrón				PROMEDIO LECTURAS
		1(ASC)	2(ASC)	2(DESC)	3(ASC)	
%	kgf	kN	kN	kN	kN	kN
10	500	4.9	4.87	4.88	---	4.88
20	1000	9.8	9.82	9.83	---	9.80
30	1500	14.7	14.71	14.72	---	14.73
40	2000	19.6	19.62	19.63	---	19.63
50	2500	24.5	24.54	24.55	---	24.56
60	3000	29.4	29.44	29.44	---	29.47
70	3500	34.3	34.37	34.36	---	34.36
80	4000	39.2	39.26	39.25	---	39.26
90	4500	44.1	44.13	44.12	---	44.12
100	5000	49.0	49.01	49.00	---	48.99
Lectura máquina después de la fuerza		0	0	---	---	---

Lectura Máquina (F)		Cálculo de errores relativos				Resolución	Incertidumbre	
		Exactitud	Repetibilidad	Reversibilidad	Accesorios			
%	Unidades	kN	q(%)	b(%)	v(%)	acc(%)	a(%)	U(%)
10	500	4.9	0.400	0.201	---	---	2.048	1.219
20	1000	9.8	-0.101	0.300	---	---	1.019	0.662
30	1500	14.7	-0.068	0.133	---	---	0.679	0.467
40	2000	19.6	-0.101	0.100	---	---	0.509	0.384
50	2500	24.5	-0.121	0.080	---	---	0.407	0.339
60	3000	29.4	-0.068	0.100	---	---	0.340	0.321
70	3500	34.3	-0.116	0.029	---	---	0.291	0.294
80	4000	39.2	-0.076	0.025	---	---	0.255	0.282
90	4500	44.1	0.021	0.022	---	---	0.227	0.274
100	5000	49.0	0.059	0.040	---	---	0.204	0.268
Error de cero fo (%)			0	0	No aplica	0	No aplica	Error máx. de cero(fo)=0.00



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31

Tel.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989

E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe

Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.



**LABORATORIO DE METROLOGIA
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CLM-0290-2020**

Página 1 de 2

Solicitante : **G Y S TECNICAS SAGITARIO S.R.L.**
Dirección : **MZA. B LOTE. 18 A.V. CRUCE DE CHILINA
AREQUIPA - ALTO SELVA ALEGRE**
Instrumento de Medición : **COMPARADOR DE CUADRANTES**
Fabricante : **INSIZE**
Modelo : **2307-1**
Serie : **7604**
Procedencia : **USA**
Alcance de Identificación : **0 in a 1 in**
División de Escala : **0.001 in**
Tipo : **Análogo**
Lugar de Calibración : **Laboratorio PYS EQUIPOS**
Fecha de Calibración : **12-11-2020**
Fecha de emisión : **12-11-2020**

Método de calibración empleado

Comparación Directa. Procedimiento de calibración de comparadores de Cuadrante (usando bloques). PC-014 del SNM/INDECOPI. Segunda Edición Diciembre 2001

CONDICIONES AMBIENTALES

	INICIAL	FINAL
Temperatura	22.0°C	22.5°C
Humedad Relativa	75%	75%

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $K=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la expresión de 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%.

Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
© Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
Web Page: www.pys.pe



PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

PYS EQUIPOS

LABORATORIO DE METROLOGIA

Página 2 de 2

TRAZABILIDAD

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

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de INACAL	Bloques Patrón de Longitud	LLA-038-2020

RESULTADO DE MEDICION

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (fe)			
PATRON DE MEDICION (in)	INDICACION DEL COMPARADOR (in)	ERROR mil	INCERTIDUMBRE mil
0.079	0.079	0.1	0.1
0.197	0.198	0.2	
0.315	0.317	0.4	
0.394	0.396	0.4	
0.472	0.474	0.4	
0.591	0.593	0.4	
0.709	0.709	0.1	
0.787	0.788	0.2	
0.866	0.866	0.1	
0.984	0.984	0.1	

Máxima desviación encontrada en el alcance (fe): 1 mil

ERROR DE REPETIBILIDAD (fw)			
PATRON DE MEDICION (in)	INDICACION DEL COMPARADOR (in)	ERROR Mil	INCERTIDUMBRE mil
0.98425	0.984	0.6	0.1
	0.984	0.6	
	0.984	0.6	
	0.984	0.6	
	0.984	0.6	

Máxima desviación encontrada en el repetibilidad (fw): 0 mil

Equivalencia 0.001 in = 1 mil
 1 in = 25.4 mm
 1 in = 1 pulgada

EPP

Revisado por:
 Eler Pozo S.
 Dpto. de Metrología

Amed
 Calibrado por:
 Amed Castillo Espinoza
 Dpto. de Metrología



Calle 4, Mz F1 Lt. 05 Urb. Virgen del Rosario - Lima 31
 Telf.: 485 3873 Cel.: 945 183 033 / 945 181 317 / 970 055 989
 E-mail: ventas@pys.pe / metrologia@pys.pe
 Web Page: www.pys.pe

PROHIBIDA LA REPRODUCCION TOTAL Y/O PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACION DE PYS EQUIPOS E.I.R.L.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1827-2021

Página: 1 de 2

1. **SOLICITANTE:** G Y S TECNICAS SAGITARIO SRL.
Dirección: A.V. Cruce de Chilina Mza. B Lte. 18 ALTO SELVA ALEGRE - AREQUIPA
2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN:** MAQUINA PARA ENSAYO DE CONCRETO
Marca: A&A INSTRUMENTS
Modelo: STYE-2000
N° de serie: 131120
Procedencia: CHINA
Capacidad: 2000 kN
Resolución: 0.01 kN (0 kN a 999 kN)
0.1 kN (1000 kN a 2000 kN)
Identificación: NO INDICA
Precisión: 1%
3. **FECHA DE CALIBRACIÓN:** 2021-12-03

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

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

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

SERVITECC E.I.R.L. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de SERVITECC E.I.R.L.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de SERVITECC E.I.R.L.

N° 011673

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Instalaciones de la empresa.
5. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN:**
La calibración se efectuó por comparación directa usando patrones calibrados y tomando como referencia las especificaciones de la Norma UNE-EN ISO 7500-1 "Tension / compression testing machines — Verification and calibration of the force-measuring system".
6. **TRAZABILIDAD:**
Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología DM-INACAL

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Instrumento de medición de torque	LFP-247-2021
	Manómetro Digital	LFP-024-2021

7. **RESULTADOS**
- ✓ Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página siguiente del presente documento.
 - ✓ Se utilizó un transductor de fuerza o celda de carga tipo botella de 1500 kN con su respectivo indicador digital.
 - ✓ La incertidumbre de medición ha sido determinada según la GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE; con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza del 95%.
 - ✓ Este Certificado de Calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración"
 - ✓ Con fines de identificación se ha colocado un stiker en señal de calibrado.



TI. CARLOS BARRAGO BOHORQUEZ
GERENTE TÉCNICO
SERVITECC E.I.R.L.

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Tel. 054-406987
Movistar: 959665818
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1827-2021

Página: 2 de 2

Condiciones ambientales:

Temperatura ambiente °C	Humedad Relativa %HR
31.3 °	22 %

Resultados de las mediciones:

Indicación del Equipo Patrón		Indicación de la Prensa kN	Corrección kN	Incertidumbre kN	EMP (±1%fs) kN
Kgf	kN				
10,675	104.7	104.3	0.41	3.2	20
41,924	411.1	401.1	10.02	2.5	20
52,304	512.9	501.8	11.15	1.7	20
62,686	614.7	601.3	13.49	1.2	20
83,683	820.6	800.9	19.74	1.1	20
104,318	1023.0	1001.2	21.81	1.6	20
124,369	1219.6	1202.2	17.44	2.3	20

La Fórmula para corregir la lectura indicada por el equipo: $VCV = 0.983 * I - 1.984$

VCV= Valor convencionalmente verdadero

I= indicación del instrumento

La lectura del patrón como del instrumento calibrado se iniciaron de 0 kgf.

La indicación de la máquina de ensayo, se refiere al promedio de una serie de mediciones



N° 011674

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Telf. 054-406987
Movistar: 959665818
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad
Metrología

Informe de Calibración

LFP - 024 - 2020

Laboratorio de Fuerza y Presión

Página 1 de 4

Expediente	1038249
Solicitante	SERVITECC EIRL
Dirección	Urb. Villa Independiente Mz. E Lote. 9 Zona A - Alto Selva Alegre - Arequipa
Instrumento de Medición	INSTRUMENTO DE MEDICION DE PRESION ABSOLUTA (BAROMETRO)
Intervalo de Indicaciones	10 hPa a 1100 hPa (*)
Resolución	0,1 hPa (10 hPa a 999,9 hPa) 1 hPa (1 000 hPa a 1 100 hPa)
Marca	LUTRON
Modelo	PHB-318
Número de Serie	AJ.34967 (**)
Procedencia	TAIWAN (**)
Fecha de Calibración	2020-06-11

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

La Dirección de Metrología custodia, conserva y mantiene los patrones nacionales de las unidades de medida, calibra patrones secundarios, realiza mediciones y certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados, promueve el desarrollo de la metrología en el país y contribuye a la difusión del Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú. (SLUMP).

La Dirección de Metrología es miembro del Sistema Interamericano de Metrología (SIM) y participa activamente en las Intercomparaciones que éste realiza en la región.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario está obligado a recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.



Este informe de calibración sólo puede ser difundido completamente y sin modificaciones. Los extractos o modificaciones requieren la autorización de la Dirección de Metrología del INACAL. Informes sin firma digital y sello carecen de validez.



Responsable del área



Dirección de Metrología

Responsable del laboratorio



Dirección de Metrología

Instituto Nacional de Calidad - INACAL
Dirección de Metrología
Calle Las Camelias N° 817, San Isidro, Lima - Perú
Telf.: (01) 640-8820 Anexo 1501
Email: metrologia@inacal.gob.pe
Web: www.inacal.gob.pe



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Informe de Calibración LFP – 024 – 2020

Página 2 de 4

Método de Calibración

Determinación del error de indicación del barómetro por el método de comparación

Lugar de Calibración

Laboratorio de Fuerza y Presión
Calle De la Prosa N° 150 - San Borja, Lima

Condiciones Ambientales

	Inicio	Final
Temperatura	19,8 °C	19,9 °C
Humedad Relativa	55,8 %	56,7 %
Presión Atmosférica	998,1 mbar	998 mbar

Patrones de referencia

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrón de Referencia del Centro Nacional de Metrología de México (CENAM)	*Transductor de Presión Absoluta LFP 02 030 Incertidumbre : 0,03 mbar	INACAL/LFP-084-2020 DE :2020-06-08

Observaciones

El instrumento presenta errores mayores a su error máximo permitido.

(*) Información tomada de su manual.

(**) Dato dado en una etiqueta pegada al instrumento.



INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Informe de Calibración LFP – 024 – 2020

Página 3 de 4

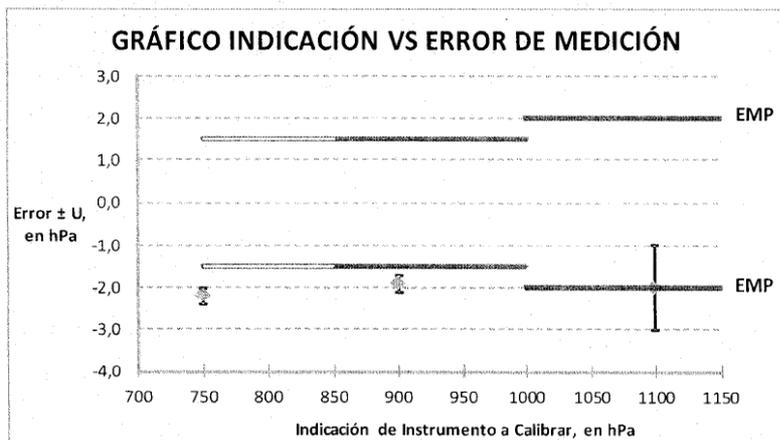
Resultados de Medición

Indicación del Instrumento a Calibrar *** (hPa)	Error de Medición ** (hPa)	Incertidumbre de Medición (hPa)	Error Máximo Permitido * ± (hPa)
750,0	-2,2	0,2	1,5
900,0	-1,9	0,2	1,5
1 099	-2	1	2

* Información tomada de su manual.

** El resultado es el promedio de cinco mediciones

*** El instrumento forma parte de un barotermohigrómetro.





INACAL
Instituto Nacional
de Calidad

Metrología

Laboratorio de Fuerza y Presión

Informe de Calibración LFP – 024 – 2020

Página 4 de 4

Incertidumbre

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar combinada por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la Medición", segunda edición, julio del 2001 (Traducción al castellano efectuada por Indecopi, con autorización de ISO, de la GUM, "Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement", corrected and reprinted in 1995, equivalente a la publicación del BIPM JCGM:100 2008, GUM 1995 with minor corrections "Evaluation of Measurement Data - Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement").

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

Recalibración

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

DIRECCION DE METROLOGIA

El Servicio Nacional de Metrología (actualmente la Dirección de Metrología del INACAL), fue creado mediante Ley N° 23560 el 6 enero de 1983 y fue encomendado al INDECOPI mediante Decreto Supremo DS-024-93 ITINCI.

El 11 de julio 2014 fue aprobada la Ley N° 30224 la cual crea el Sistema Nacional de Calidad, y tiene como objetivo promover y garantizar el cumplimiento de la Política Nacional de Calidad para el desarrollo y la competitividad de las actividades económicas y la protección del consumidor.

El Instituto Nacional de Calidad (INACAL) es un organismo público técnico especializado adscrito al Ministerio de Producción, es el cuerpo rector y autoridad técnica máxima en la normativa del Sistema Nacional de la Calidad y el responsable de la operación del sistema bajo las disposiciones de la ley, y tiene en el ámbito de sus competencias: Metrología, Normalización y Acreditación.

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con diversos Laboratorios Metroológicos debidamente acondicionados, instrumentos de medición de alta exactitud y personal calificado. Cuenta con un Sistema de Gestión de la Calidad que cumple con las siguientes Normas internacionales vigentes ISO/IEC 17025; ISO 17034; ISO 27001 e ISO 37001; con lo cual se constituye en una entidad capaz de brindar un servicio integral, confiable y eficaz de aseguramiento metroológico para la industria, la ciencia y el comercio brindando trazabilidad metroológicamente válida al Sistema Internacional de Unidades SI y al Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP).

La Dirección de Metrología del INACAL cuenta con la cooperación técnica de organismos metroológicos internacionales de alto prestigio tales como: el Physikalisch-Technische Bundesanstalt (PTB) de Alemania; el Centro Nacional de Metrología (CENAM) de México; el National Institute of Standards and Technology (NIST) de USA; el Centro Español de Metrología (CEM) de España; el Instituto Nacional de Tecnología Industrial (INTI) de Argentina; el Instituto Nacional de Metrología (INMETRO) de Brasil; entre otros.

SISTEMA INTERAMERICANO DE METROLOGIA- SIM

El Sistema Interamericano de Metrología (SIM) es una organización regional auspiciado por la Organización de Estados Americanos (OEA), cuya finalidad es promover y fomentar el desarrollo de la metrología en los países americanos. La Dirección de Metrología del INACAL es miembro del SIM a través de la subregión ANDIMET (Bolivia, Colombia, Ecuador, Perú y Venezuela) y participa activamente en las Intercomparaciones realizadas por el SIM.

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1269-2020

Página: 1 de 2

1. **SOLICITANTE** G Y S TECNICAS SAGITARIO SRL.

Dirección Av. Cruce de Chllina Mza. B Lte. 18
ALTO SELVA ALEGRE - AREQUIPA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales de la DM-INACAL o Internacionales, los que realizan las unidades de acuerdo con el sistema Internacional de Unidades (SI).

2. **INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** CENTRIFUGA

Marca PINZUAR
Modelo NO INDICA
Tipo ELECTRICA
N° de serie 205
Procedencia COLOMBIA
Alcance de indicación RPM 3000 rpm
División de escala 100 rpm
Identificación NO INDICA

Los resultados del presente documento son válidos solo para el equipo calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones.

El usuario está obligado recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados, según el uso, mantenimiento y conservación del instrumento.

La empresa no se responsabiliza por el uso inadecuado del instrumento, ni de la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

3. **FECHA DE CALIBRACIÓN** 2020-11-04

4. **LUGAR DE CALIBRACIÓN:** Instalaciones de la empresa

5. **MÉTODO DE CALIBRACIÓN:**

Determinación del error de indicación de la centrifuga por el método de medición directa, utilizando un tacómetro digital con trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología DM-INACAL.

6. **TRAZABILIDAD:**

Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de Los resultados declarados en este documento tienen trazabilidad a los patrones Nacionales de la Dirección de Metrología DM-INACAL.

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de la DM-INACAL	Tacómetro óptico	LTF-C-030-2020
	Cronometro Digital	LTF-C-029-2020
	BaroTermohigrometro	LFP-024-2020 / LH-049-2020

7. **RESULTADOS**

- ✓ Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página siguiente del presente documento
- ✓ La Incertidumbre de la medición ha sido determinada según la GUÍA PARA LA EXPRESIÓN DE LA INCERTIDUMBRE; con un factor de cobertura $K=2$, para un nivel de confianza del 95%.
- ✓ Este certificado de calibración cumple con los requisitos técnicos de la Norma Técnica Peruana NTP ISO/IEC 17025 "Requisitos generales para la competencia de laboratorios de Ensayo y Calibración.
- ✓ Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva en señal de calibrado.



[Handwritten Signature]
TI. CARLOS BALBARRAGO BOHORQUEZ
GERENTE TÉCNICO
SERVITECC E.I.R.L.

N° 006146

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Telf. 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
http://www.servitecc.com/

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1269-2020

Página: 2 de 2

Las condiciones ambientales durante el proceso de calibración fueron las siguientes:

Temperatura ambiente °C	Humedad Relativa %HR	Presión Ambiental mmHg
22.2°	25%	572 mmHg

Resultados de las mediciones:

Ensayo de revoluciones sin Carga

Posición del Selector del Equipo	Indicación de Tacómetro Patrón (rpm)			Promedio de la mediciones (rpm)	Incertidumbre (rpm)
10	440.2	440.7	440.0	440.3	0.4
15	839.2	848.8	845.7	844.6	4.9
20	1255	1246	1242	1247.7	6.7
25	1649	1652	1650	1650.3	1.5
30	2133	2129	2137	2133.0	4.0
35	2588	2602	2596	2595.3	7.0

Ensayo de revoluciones con Carga

Posición del Selector del Equipo	Indicación de Tacómetro Patrón (rpm)			Promedio de la mediciones (rpm)	Incertidumbre (rpm)
10	478.5	478.8	476.4	477.9	1.3
15	886.2	876.9	875.5	879.5	5.8
20	1284	1285	1287	1285.3	1.5
25	1748	1750	1753	1750.3	2.5
30	2238	2241	2239	2239.3	1.5
35	2613	2615	2623	2617.0	5.3



N° 006147

Prohibida la reproducción total o parcial de este Documento, sin la Autorización de la Empresa.

Urb. Villa Independiente E-9
Alto Selva Alegre - AREQUIPA

Telf. 054-406987
Movistar: 959665818 - RPM: *543358
RPC:959172866

servitecc1@yahoo.com - metrologia@servitecc.com
<http://www.servitecc.com/>

Anexo 9: Validación de instrumentos (Resultados de laboratorio)



G y S S.R.L.

LABORATORIO DE ENSAYOS
MECÁNICA DE SUELOS, ROCAS, ASFALTO Y CONCRETO

ASESORÍA TÉCNICA EN CONTROL DE CALIDAD PARA OBRAS CIVILES Y EDIFICACIONES

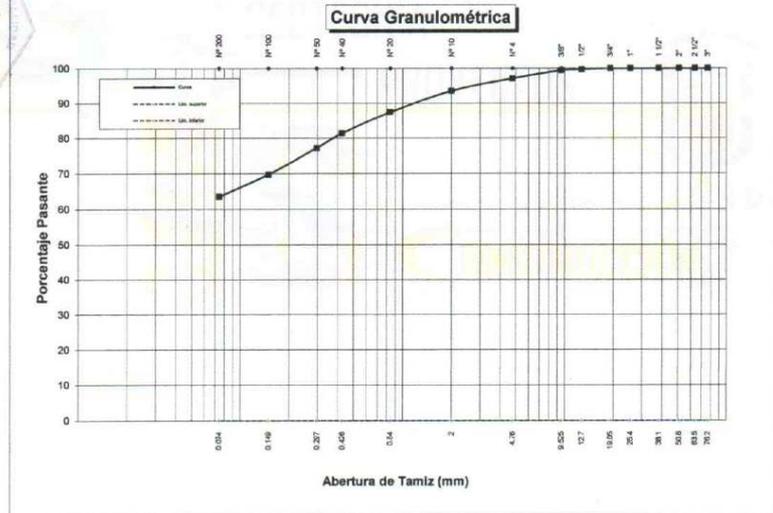
PROYECTO INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
UBICACIÓN CARRETERA NEGROMAYO
SOLICITA TESISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA 14/02/2022
MUESTRA SUB RASANTE

ENSAYOS ESTANDAR DE CLASIFICACIÓN (ASTM D421-D4318)

TAMIZ	Nombre	mm	% Retenido	% Acumulado	% Pasante	Especificaciones Técnicas
3"		76.20	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"		63.50	0.00	0.00	100.00	
2"		50.80	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"		38.10	0.00	0.00	100.00	
1"		25.40	0.00	0.00	100.00	
3/4"		19.05	0.00	0.00	100.00	
1/2"		12.70	0.33	0.33	99.67	
3/8"		9.53	0.26	0.59	99.41	
N° 4		4.76	2.31	2.90	97.10	
N° 10		2.00	3.58	6.48	93.52	
N° 20		0.84	6.08	12.56	87.44	
N° 40		0.426	6.00	18.57	81.43	
N° 50		0.297	4.19	22.75	77.25	
N° 100		0.149	7.45	30.20	69.80	
N° 200		0.074	6.22	36.42	63.58	

Muestra N°	: ESTRATO 1
Prof. m	: 0.00 - 1.50 m
SUCS	: CL I.G.
AASHTO	: A - 7 - 5 5
Cu	: 6.00 5
Cc	: 1.50
Lim. Líquido	: 43
Lim. Plástico	: 25
Ind. Plasticidad	: 18
% Grava	: 2.90
% Arena	: 33.52
% Finos	: 63.58
OBSERVACIONES:	

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

G y S S.R.L.
 GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
 Alex Mauricio Valz Barreto
 INGENIERO CIVIL - CIP. 212755
 PROYECTOS E INGENIERIA

2022

(054) 617857

954 950880

gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 - Alto Selva Alegre - Arequipa - Perú Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
 Sábados de 8:00 a 1:00 pm lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe Ofic.Técnica 934 535 352



PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
UBICACIÓN : CARRETERA NEGROMAYO
SOLICITA : SUB RASANTE
FECHA : 07/02/2022
MATERIAL : SUB RASANTE

CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D2216 - NTP 399.127 -MTC E 108 2000)

Ensayo N°	M-1		
N° Recipiente	32		
Peso Recipiente	47.05		
Peso Recipiente + Suelo húmedo	153.70		
Peso Recipiente + Suelo seco	119.42		
Humedad %	47.37		

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

GYS S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Alex Mauricio Veliz Barreto
INGENIERO CIVIL - CIP. 222756
PROYECTOS E INGENIERIA

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



2022

(054)617857

954 950880

gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.8 Lote18 – Alto Selva Alegre – Arequipa – Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352



PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO
SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
UBICACIÓN : CARRETERA NEGROMAYO
SOLICITA : TESISISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 14/02/2022
MATERIAL : SUB RASANTE

PROCEDENCIA : ESTRATO 1

LÍMITES DE ATTERBERG
(NTP 339.129 - ASTM D 4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Ensayo N°	1	2	3
N° Recipiente	45	56	48
Peso Recipiente	14.38	14.26	14.52
N° Golpes	32	27	19
Peso Recipiente + Suelo húmedo	31.73	33.39	32.99
Peso Recipiente + Suelo seco	26.74	27.63	27.31
Humedad	40.37	43.08	44.41
Lím. Líquido	42	43	43

LÍMITE PLÁSTICO

Ensayo N°	1	2	3
N° Recipiente	10	32	11
Peso Recipiente	13.96	11.37	11.58
Peso Recipiente + Suelo húmedo	21.01	18.33	17.72
Peso Recipiente + Suelo seco	19.59	16.92	16.51
Humedad	25	25	25

ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Límite Líquido promedio	43 %
Límite Plástico promedio	25 %
Índice Plástico	18 %

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

G y S S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Alex Mauricio Véliz Barreto
INGENIERO CIVIL - CP. 222756
PROYECTOS E INGENIERÍA

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



2022

(054) 617857

954 950880

gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L., cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 - Alto Selva Alegre - Arequipa - Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352



PROYECTO INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE L/ SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
UBICACIÓN CARRETERA NEGROMAYO
SOLICITA TESISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA 14/02/2022

ENSAYO PROCTOR
(NTP 339.142 - ASTM D-698)

Tipo Proctor : Estandar
Método Compactación : A
Muestra : SUB RASANTE
PROCEDENCIA : ESTRATO 1

N° PUNTOS	1	2	3	4
Peso Molde	3898.00	3898.00	3898.00	3898.00
Volumen Molde	938.31	938.31	938.31	938.31
Peso Suelo h. + Molde	5534.00	5598.00	5689.00	5688.00
N° Recipiente				
Peso Recipiente	43.88	42.29	45.88	39.24
Peso Recipiente + Suelo húmedo	193.39	181.83	192.25	188.70
Peso Recipiente + Suelo seco	189.21	157.38	164.76	158.67
Peso Suelo húmedo	1636.00	1700.00	1791.00	1788.00
Humedad	19.29	21.24	23.10	25.14
Peso Volumétrico Húmedo	1.744	1.812	1.909	1.906
Peso Volumétrico Seco	1.462	1.494	1.551	1.523

Densidad máxima : 1.552 Humedad óptima : 23.30



Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



G y S S.R.L.
 GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCION
 Alex Mauricio Veliz Barral
 INGENIERO CIVIL - C.R. 222756
 PROYECTOS E INGENIERIA

2022

(054)617857
 954 950880
 gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.8 Lote18 - Alto Selva Alegre - Arequipa - Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
 📅 Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352



PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA	: TESISISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA	: 14/02/2022
MATERIAL	: SUB RASANTE
MUESTRA	: M-1 SIN INCORPORACION DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
 ASTM D1883**

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

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	56	25	56	25	56	25
Número de Capas	5	5	5	5	5	5
Número de golpes	56	25	56	25	56	25
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8749	4702	8695	4800	8812	5270
Peso molde (gr.)	4047	2114	3895	2114	3542	2121
Peso suelo Compactado (gr.)	4702	2614	4800	2686	5270	3149
Volumen del molde (cm3)	2114	2114	2114	2114	2114	2114
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.914	1.237	1.842	1.272	1.670	1.490
Densidad seca (gr/cm3)	1.553	1.000	1.494	1.000	1.354	1.000

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3
Peso de tara (gr.)	42.82	43.78	43.35
Tara + suelo húmedo (gr.)	133.57	132.56	152.71
Tara + suelo seco (gr.)	116.52	115.76	132.05
Peso de agua (gr.)	17.15	16.8	20.66
Peso de suelo seco (gr.)	73.7	71.98	88.7
Humedad (%)	23.3	23.3	23.3

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/04/2022	09:15	24	0.026	0.65	0.57	0.031	0.79	0.68	0.038	0.97	0.83
07/04/2022	09:15	48	0.035	0.89	0.77	0.038	0.97	0.83	0.041	1.04	0.90
08/04/2022	09:15	72	0.048	1.22	1.06	0.051	1.30	1.12	0.055	1.40	1.21
09/04/2022	09:15	96	0.058	1.47	1.27	0.061	1.55	1.34	0.064	1.63	1.40

PENETRACIÓN

Penetración	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3				
	Carga	Corrección			Carga	Corrección			Carga	Corrección			
(pulg.)	(mm.)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)
0.025	0.64	19.50	14			17.50	13			9.80	7		
0.050	1.27	48.10	35			46.20	34			29.60	22		
0.075	1.91	67.80	50			66.20	49			43.80	32		
0.100	2.54	80.00	59	59.00	5.90%	76.30	56	56.00	5.60%	69.20	51	51.00	5.10%
0.125	3.18	98.20	72			96.80	71			82.20	60		
0.150	3.81	101.40	75			101.20	74			90.50	67		
0.175	4.45	112.70	83			108.70	80			105.20	77		
0.200	5.08	129.00	95	98.00	6.53%	124.00	91	91.00	6.07%	110.30	81	80.00	5.33%
0.300	7.62	139.40	102			127.90	94			122.60	90		
0.400	10.16	146.20	107			140.50	103			132.20	97		
0.500	12.70	156.20	115			145.20	107			137.40	101		

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.



2022

(054)617857
 954 950880

gysperu.com.pe

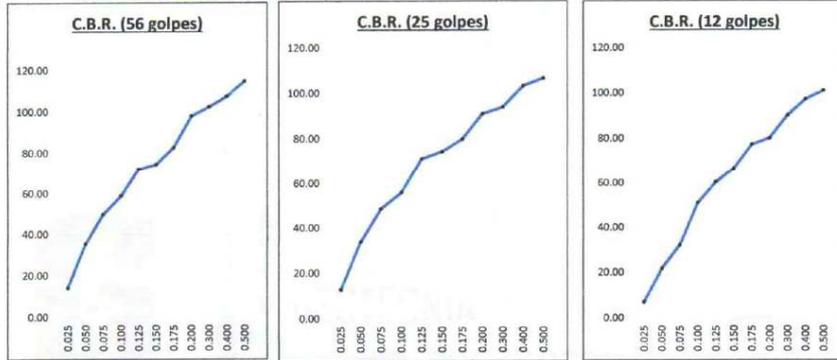
Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.8 Lote18 - Alto Selva Alegre - Arequipa - Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA : TESISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 14/02/2022
MATERIAL : SUB RASANTE
MUESTRA : M-1 SIN INCORPORACION DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

Datos de muestra
Máxima Densidad seca : 1.552 gr./cm³ **Óptimo Contenido de humedad** : 23.30 %
Máxima Densidad seca al 95% : 1.474 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 5.90%	C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 5.60%	C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 5.10%
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES : 6.53%	C.B.R. (0.2") 25 GOLPES : 6.07%	C.B.R. (0.2") 12 GOLPES : 5.33%

CURVA CBR VS DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" : 5.90%	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" : 6.53%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" : 5.56%	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" : 6.07%

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

2022

(054)617857
954 950880

gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 – Alto Selva Alegre – Arequipa – Perú 🕒 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
📞 Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnico 934 535 352

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



G y S S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Alex Mauricio Veliz Barreto
INGENIERO CIVIL - CIP. 222756
PROYECTOS E INGENIERIA

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA : TESISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 10/03/2022
MATERIAL : SUB RASANTE
MUESTRA : M-2 INCORPORACIÓN DE 3.5 l/m3 POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

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

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8746		8659		8846	
Peso molde (gr.)	4702		4800		5270	
Peso suelo Compactado (gr.)	4044		3859		3576	
Volumen del molde (cm3)	2114		2114		2121	
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.913		1.825		1.688	
Densidad seca (gr/cm3)	1.551		1.482		1.366	

CONTENIDO DE HUMEDAD

	1	2	3
Peso de tara (gr.)	42.46	43.25	42.25
Tara + suelo húmedo (gr.)	176.32	185.24	163.28
Tara + suelo seco (gr.)	151.02	158.52	140.33
Peso de agua (gr.)	25.3	26.72	22.95
Peso de suelo seco (gr.)	108.56	115.27	98.08
Humedad (%)	23.3	23.2	23.4

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/04/2022	09:15	24	0.021	0.53	0.46	0.026	0.66	0.57	0.031	0.79	0.68
07/04/2022	09:15	48	0.032	0.81	0.70	0.035	0.89	0.77	0.032	0.81	0.70
08/04/2022	09:15	72	0.038	0.97	0.83	0.041	1.04	0.90	0.052	1.32	1.14
09/04/2022	09:15	96	0.042	1.07	0.92	0.046	1.17	1.01	0.061	1.55	1.34

PENETRACIÓN

Penetración	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3				
	Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección		
(pulg.)	(mm.)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)
0.025	0.64	36.10	27	23.40	17	19.60	14			19.60	14		
0.050	1.27	73.40	54	56.30	41	48.20	35			48.20	35		
0.075	1.91	93.90	69	76.50	56	56.30	41			56.30	41		
0.100	2.54	102.00	75	75.00	7.50%	88.00	65	85.00	6.50%	71.20	52	52.00	5.20%
0.125	3.18	133.40	98	96.20	71	76.30	56			76.30	56		
0.150	3.81	146.50	108	105.60	78	85.20	63			85.20	63		
0.175	4.45	163.20	120	135.20	99	110.20	81			110.20	81		
0.200	5.08	169.00	124	124.00	8.27%	151.50	111	111.00	7.40%	121.40	89	89.00	5.93%
0.300	7.62	190.50	140	163.20	120	147.20	108			147.20	108		
0.400	10.16	208.60	153	182.20	134	156.70	115			156.70	115		
0.500	12.70	224.50	165	201.80	148	177.30	130			177.30	130		

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.



GYS S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Alex Mauricio Veliz Barreto
INGENIERO CIVIL - CIP. 222756
PROYECTOS E INGENIERIA

2022

(054) 617857

954 950880

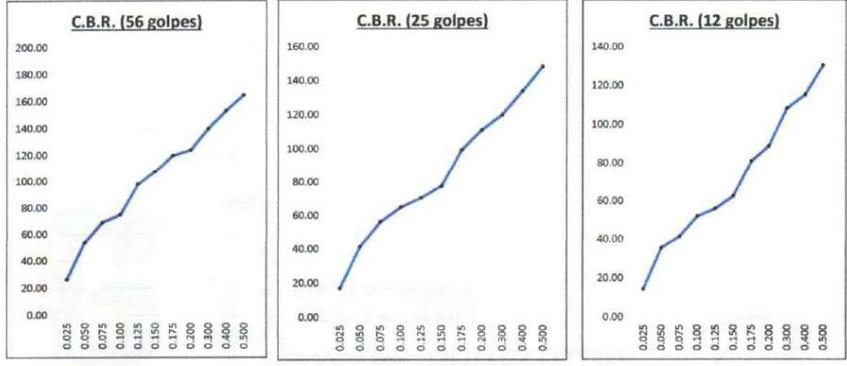
gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L, cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 - Alto Selva Alegre - Arequipa - Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
📧 Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352

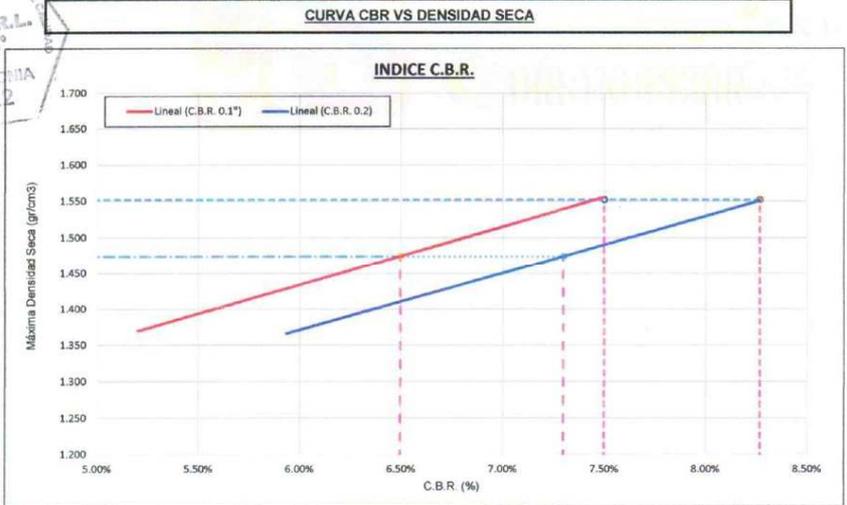
PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA : TESISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 10/03/2022
MATERIAL : SUB RASANTE
MUESTRA : M-2 INCORPORACIÓN DE 3.5 l/m3 POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

Datos de muestra
 Máxima Densidad seca 1.552 gr./cm3 **Óptimo Contenido de humedad** 23.30 %
 Máxima Densidad seca al 95% 1.474 gr./cm3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES 7.50%	C.B.R. (0.1") 25 GOLPES 6.50%	C.B.R. (0.1") 12 GOLPES 5.20%
C.B.R. (0.2") 56 GOLPES 8.27%	C.B.R. (0.2") 25 GOLPES 7.40%	C.B.R. (0.2") 12 GOLPES 5.93%

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1" 7.50%	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2" 8.27%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1" 6.50%	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2" 7.30%

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

2022

(054) 617857
 954 950880
 gysperu.com.pe

GYS S.R.L.
 GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
 Alex Mauricio Veliz Balreto
 INGENIERO CIVIL - CIR. 223756
 PROYECTOS E INGENIERIA

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.





PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA	: TESISISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA	: 25/03/2022
MATERIAL	: SUB RASANTE
MUESTRA	: M-3 INCORPORACIÓN DE 4.5 l/m3 POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8744		8686		8895	
Peso molde (gr.)	4702		4800		5270	
Peso suelo Compactado (gr.)	4042		3886		3625	
Volumen del molde (cm3)	2114		2114		2121	
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.912		1.838		1.709	
Densidad seca (gr/cm3)	1.551		1.489		1.366	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	44.36		43.52		42.68	
Tara + suelo húmedo (gr.)	165.21		171.25		159.32	
Tara + suelo seco (gr.)	142.4		147		137.29	
Peso de agua (gr.)	22.81		24.25		22.03	
Peso de suelo seco (gr.)	98.04		103.48		94.61	
Humedad (%)	23.3		23.4		23.3	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial		Expansión		Dial	
				mm	%	mm	%	mm	%		
06/04/2022	09:15	24	0.019	0.48	0.42	0.022	0.56	0.48	0.025	0.64	0.55
07/04/2022	09:15	48	0.026	0.66	0.57	0.029	0.74	0.64	0.031	0.79	0.68
08/04/2022	09:15	72	0.029	0.74	0.63	0.033	0.84	0.72	0.038	0.97	0.83
09/04/2022	09:15	96	0.034	0.86	0.74	0.036	0.91	0.79	0.045	1.14	0.99

PENETRACIÓN													
Penetración		Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
(pulg.)	(mm.)	Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)	kg	Lb/pulg2	Lb/pulg2	CBR (%)
0.025	0.64	45.80	34			42.30	31			32.63	24		
0.050	1.27	94.60	70			92.60	68			92.60	68		
0.075	1.91	137.60	101			116.40	86			114.60	84		
0.100	2.54	185.20	136	136.00	13.60%	154.30	113	113.00	11.30%	129.50	95	95.00	9.50%
0.125	3.18	198.90	146			186.70	137			139.60	103		
0.150	3.81	219.50	161			212.80	156			151.30	111		
0.175	4.45	236.40	174			221.30	163			157.20	116		
0.200	5.08	243.40	179	179.00	11.93%	241.30	177	177.00	11.80%	164.40	121	121.00	8.07%
0.300	7.62	272.50	200			250.30	184			184.00	135		
0.400	10.16	297.30	218			278.50	205			201.20	148		
0.500	12.70	319.60	235			286.20	210			210.30	156		

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.



GYS S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCION
Alex Mauricio Vozz Babero
INGENIERO CIVIL - CIP. 222756
PROYECTOS E INGENIERIA

2022

☎ (054) 617857

☎ 954 950880

🌐 gysperu.com.pe

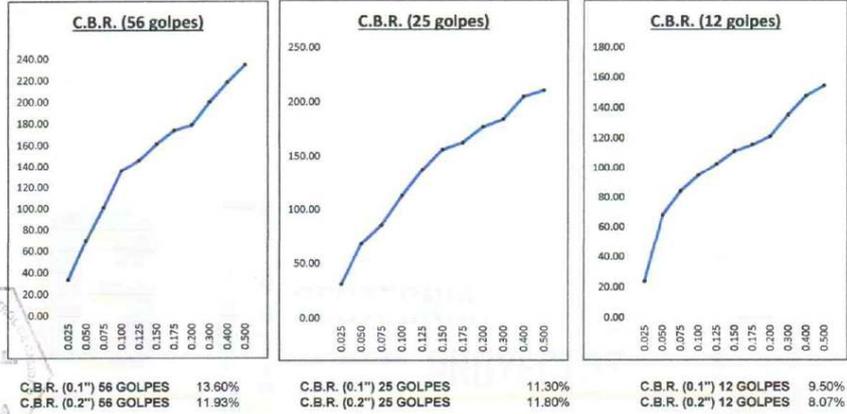
Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L., cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 – Alto Selva Alegre – Arequipa – Perú ☎ Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352

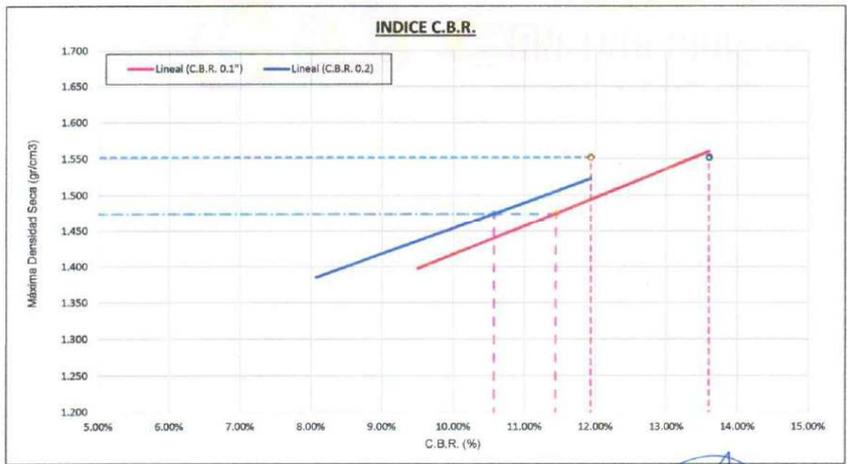
G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA : TESISISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 25/03/2022
MATERIAL : SUB RASANTE
MUESTRA : M-3 INCORPORACIÓN DE 4.5 l/m3 POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

Datos de muestra
Máxima Densidad seca 1.552 gr./cm3 **Óptimo Contenido de humedad** 23.30 %
Máxima Densidad seca al 95% 1.474 gr./cm3



CURVA CBR VS DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	13.60%	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	11.93%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	11.44%	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	10.57%

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

GYS S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Alex Mauricio
INGENIERO CIVIL - CIP. 222755
PROYECTOS E INGENIERIA

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



2022

(054)617857
954 950880
gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L, cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 – Alto Selva Alegre – Arequipa – Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA : TESISISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 09/04/2022
MATERIAL : SUB RASANTE
MUESTRA : M-4 INCORPORACION DE 5.5 l/m3 POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

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

Molde N°	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		12	
Condición de Muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8746		8702		8811	
Peso molde (gr.)	4702		4800		5270	
Peso suelo Compactado (gr.)	4044		3902		3541	
Volumen del molde (cm3)	2114		2114		2121	
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.913		1.846		1.689	
Densidad seca (gr/cm3)	1.553		1.495		1.355	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	43.35		44.88		45.33	
Tara + suelo húmedo (gr.)	151.14		150.54		153.21	
Tara + suelo seco (gr.)	130.86		130.44		132.88	
Peso de agua (gr.)	20.28		20.1		20.33	
Peso de suelo seco (gr.)	87.51		85.56		87.56	
Humedad (%)	23.2		23.5		23.2	

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
06/04/2022	09:15	24	0.014	0.36	0.31	0.019	0.48	0.42	0.019	0.48	0.42
07/04/2022	09:15	48	0.021	0.53	0.46	0.023	0.58	0.50	0.026	0.66	0.57
08/04/2022	09:15	72	0.026	0.66	0.57	0.029	0.74	0.64	0.033	0.84	0.72
09/04/2022	09:15	96	0.029	0.74	0.63	0.031	0.79	0.68	0.036	0.91	0.79

PENETRACIÓN

Penetración	(pulg.)	(mm.)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
			Carga kg	Lb/pulg2	Corrección Lb/pulg2	CBR (%)	Carga kg	Lb/pulg2	Corrección Lb/pulg2	CBR (%)	Carga kg	Lb/pulg2	Corrección Lb/pulg2	CBR (%)
0.025	0.64	42.80	31			55.40	41			43.50	32			
0.050	1.27	143.50	105			143.90	106			108.60	80			
0.075	1.91	225.70	166			201.30	148			146.40	108			
0.100	2.54	263.80	194	194.00	19.40%	236.80	174	174.00	17.40%	173.80	128	128.00	12.80%	
0.125	3.18	291.30	214			257.70	189			186.40	137			
0.150	3.81	307.90	226			270.80	199			195.50	144			
0.175	4.45	313.40	230			281.70	207			203.40	149			
0.200	5.08	330.80	243	243.00	16.20%	290.40	213	213.00	14.20%	208.80	153	153.00	10.20%	
0.300	7.62	370.40	272			318.50	234			221.40	163			
0.400	10.16	401.40	295			335.60	247			236.00	173			
0.500	12.70	419.30	308			349.40	257			250.30	184			

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.



GYS S.R.L.
GEOTECNIA, PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
Alex Maurtua
INGENIERO CIVIL - CIP. 222756
PROYECTOS E INGENIERIA

2022

(054)617857

954 950880

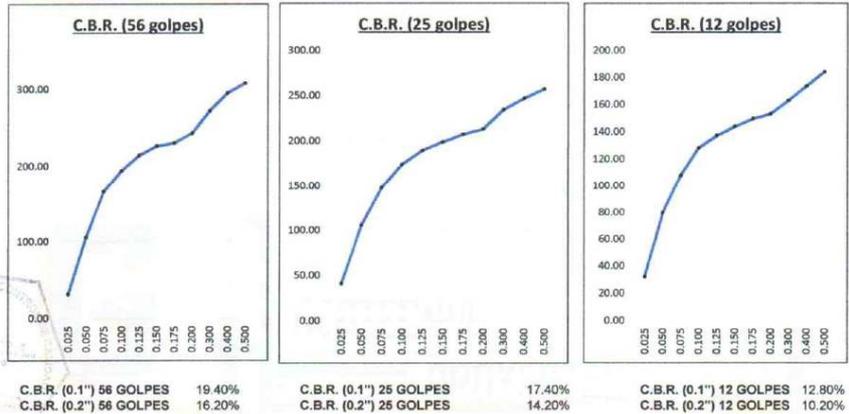
gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

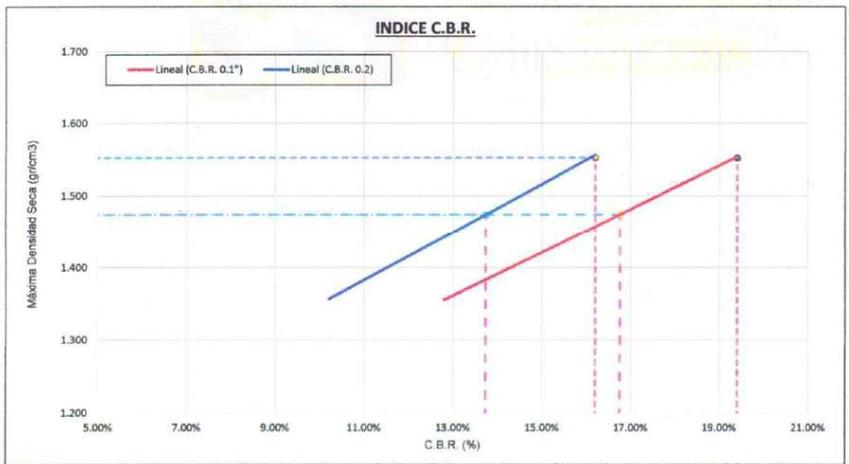
📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 - Alto Selva Alegre - Arequipa - Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
📅 Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica: 934 535 352

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO Y COMPORTAMIENTO MECÁNICO DE LA SUB RASANTE EN LA CARRETERA NEGROMAYO - ESPINAR 2022
SOLICITA : TESISTA SOLIS QUISPE MARIA ELISA ESMERALDA
FECHA : 09/04/2022
MATERIAL : SUB RASANTE
MUESTRA : M-4 INCORPORACION DE 5.5 l/m³ POLÍMERO ACRÍLICO DE ESTIRENO

Datos de muestra
 Máxima Densidad seca : 1.552 gr./cm³
 Máxima Densidad seca al 95% : 1.474 gr./cm³
 Óptimo Contenido de humedad : 23.30 %



CURVA CBR VS DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1"	19.40%	C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2"	16.20%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1"	16.76%	C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2"	13.74%

Muestra depositada e identificada en el laboratorio por el solicitante.

G y S S.R.L.
 GEOTECNIA PROYECTOS Y CONSTRUCCION
 Alex Mauricio Veliz Barreto
 INGENIERO CIVIL - CIP. 222755
 PROYECTOS E INGENIERIA

G y S S.R.L. Dpto. Control de calidad, Lab. Mecánica de Suelos, Rocas, Asfalto y Concreto



2022

(054)617857
 954 950880

gysperu.com.pe

Los resultados de los ensayos no deben utilizarse como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce, los resultados presentados solo están relacionados a la muestra ensayada. Está terminantemente prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin autorización por escrito de G y S S.R.L. cualquier enmienda o corrección en el contenido del presente documento lo anula. G y S S.R.L. no se hace responsable del mal uso ni la incorrecta interpretación de los resultados declarados en este documento.

📍 A.V. Cruce de Chilina Mza.B Lote18 – Alto Selva Alegre – Arequipa – Perú 📞 Atención: Lunes a Viernes 8:00 a 1:00 pm y 2:30 a 6:00 pm
 Sábados de 8:00 a 1:00 pm 📧 lab.ensayos@gysperu.com.pe / servicios@gysperu.com.pe 📞 Ofic.Técnica 934 535 352