



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Cartílago de vacuno con goma gellan para la estabilización de suelo limoso de la carretera Cu-1516, Yaurisque, Cusco, 2022

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERA CIVIL**

AUTORA:

Vargas Vargas, Rouss (orcid.org/0000-0001-6783-4913)

ASESOR:

Dr. Tello Malpartida, Omart Demetrio (orcid.org/0000-0002-5043-6510)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2022

Dedicatoria

A mi querida madre, que constituye la fuerza y razón que me impulsa a seguir adelante para hacer realidad mis objetivos trazados.

Agradecimiento

Primeramente, agradezco a Dios.

A mi madre por el cariño y apoyo incondicional que me brinda en todo momento, por guiarme, por enseñarme a crecer, a que si caigo debo levantarme, por ser la base que me ayudo a llegar hasta aquí. A amigos que estuvieron en todo momento de mi vida, dándome apoyo para poder concluir mis metas.

Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO.....	5
III. METODOLOGÍA.....	24
3.1 Tipo y Diseño de investigación.....	24
3.2 Variables y operacionalización.....	25
3.3 Población, Muestra y Muestreo.....	26
3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.....	28
3.5 Procedimiento.....	30
3.6 Técnicas de análisis de datos.....	41
3.7 Aspectos éticos.....	43
IV. RESULTADOS.....	44
V. DISCUSIÓN.....	56
VI. CONCLUSIONES.....	59
VII. RECOMENDACIONES.....	60
REFERENCIAS.....	61
ANEXOS.....	70

Índice de tablas

Tabla 1: Clasificación por Orografía	11
Tabla 2: Clasificación por Demanda.....	12
Tabla 3: Exploración de suelos	13
Tabla 4: Número de Ensayos Mr o CBR	14
Tabla 5: Signos para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO	14
Tabla 6: Signos para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS	15
Tabla 7: Clasificación de suelos considerando el Tamaño de partículas	16
Tabla 8: Clasificación de suelos según Equivalente de Arena.....	16
Tabla 9: Clasificación de suelos según Índice de Grupo	17
Tabla 10: Clasificación de Suelos SUCS.....	17
Tabla 11: (AASHTO) - Clasificación de Suelos	18
Tabla 12: Correlación de Tipos de suelos SUCS - AASHTO.....	18
Tabla 14: Dosificación de acuerdo al Diseño Factorial.....	27
Tabla 15: Ubicación de calicatas.....	31
Tabla 16: Análisis Granulométrico ASTM D422	33
Tabla 17: Clasificación SUCS	34
Tabla 18: Limite Líquido y Limite Plástico.....	35
Tabla 20: Conociendo la Densidad Húmeda y Densidad Seca	41
Tabla 21: Coeficientes estandarizados para la Densidad húmeda	45
Tabla 23: Matriz de correlaciones – Pearson	45
Tabla 22: Análisis de Varianza para la Densidad Húmeda - ANOVA	46
Tabla 24: Coeficientes estandarizados para la Densidad Seca.....	48
Tabla 25: Análisis de Varianza para la Densidad Seca - ANOVA.....	49
Tabla 26: Coeficientes estandarizados para la Cohesión.....	51
Tabla 27: Análisis de Varianza para la Cohesión -ANOVA.....	52
Tabla 28: Coeficientes estandarizados para la Compresión Simple	53
Tabla 29: Análisis de Varianza para la Compresión Simple - Anova	55
Tabla 30: Matriz de consistencia	70
Tabla 31: Matriz de Operacionalización	71
Tabla 32: Ficha Técnica - Densidad Húmeda.....	72
Tabla 33: Ficha Técnica - Densidad seca	73
Tabla 34: Ficha Técnica - Cohesión.....	74
Tabla 35: Ficha Técnica - Compresión Simple	75

Índice de figuras

Figura 1: Estructura de goma Gellan.....	9
Figura 2: Secciones transversales típicas de carreteras (Puig, J. B. 1970)	13
Figura 3: Copa Casagrande para ensayo de limite liquido	21
Figura 4: Equipos para el ensayo de Limite Plástico	21
Figura 5: Estructura de Suelos Cohesivos	22
Figura 6: Localización de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco.....	31
Figura 7: Exploración de Suelos.....	32
Figura 8: Tamizado de Material.....	33
Figura 9. Curva Granulométrica	34
Figura 10: Preparación de materiales adicionantes.....	36
Figura 11: Goma Gellan.....	37
Figura 12: Combinación según el diseño factorial.	37
Figura 13: Proceso de compactación	39
Figura 14: Proceso de fraguado	40
Figura 15: Medición de propiedades mecánicas: cohesión y compresión simple	40
Figura 16: Peso de cada testigo de suelo	41
Figura 17: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la densidad húmeda	44
Figura 18: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Densidad Húmeda	44
Figura 19: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la Densidad Seca	47
Figura 20: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Densidad Seca	47
Figura 21: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la cohesión	50
Figura 22: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Cohesión	50
Figura 23: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la compresión simple.....	53
Figura 24: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Compresión Simple	53

Resumen

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar la influencia del cartílago de vacuno con goma gellan para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022, el tipo de investigación es de enfoque cuantitativa y por el propósito es aplicada o tecnológica, el nivel de investigación es explicativo de diseño experimental y cuasi experimental, la población es el suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque que comprende 26 Km la primera etapa en el que se realizaron 3 calicatas, la zona de estudio fue 2.6 km la muestra es no probabilística, el muestreo es no probabilístico intencional teniendo un total de 12 especímenes de suelo de acuerdo a la dosificación realizada según el diseño factorial, la técnica de recolección de datos en esta investigación son las fichas técnicas en el que se registraron los datos de los ensayos. A partir de la investigación se deduce que la adición de cartílago de vacuno y goma gellan tiene una gran influencia sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022, deduciéndose que la dosificación más óptima es con 1.5% de cada uno de los adicionantes, los mismos que mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

Palabras clave: Cartílago de vacuno, goma gellan, estabilización, biorresiduos.

Abstract

The objective of this research was to evaluate the influence of beef cartilage with gellan gum for the stabilization of the silty soil of the road CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022, the type of research is quantitative and for the purpose it is applied or technological, the level of research is explanatory of experimental and quasi-experimental design, the population is the silty soil of the road CU-1516, Yaurisque, which comprises 26 km, the first stage in which 3 test pits were carried out, the study area was 2.6 km the sample is non-probabilistic, the sampling is intentional non-probabilistic having a total of 12 soil specimens according to the dosage made according to the factorial design, the data collection technique in this investigation is the technical sheets in which they were recorded the test data. From the investigation it is deduced that the addition of beef cartilage and gellan gum has a great influence on the physical and mechanical properties of the silty soil of the road CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022, deducing that the most optimal dosage is with 1.5% of each of the additives, the same ones that improve the physical and mechanical properties of the soil.

Keywords: Beef cartilage, gellan gum, stabilization , biowaste

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad, en el mundo las vías de transporte son obras estratégicas que permiten movimiento continuo de vehículos en el espacio y el tiempo, por lo que a su vez permite la comunicación, el crecimiento, desarrollo para la sociedad porque posibilitan el crecimiento del comercio interior y exterior. Sin embargo, existen factores externos como la topografía del terreno natural, la configuración geotécnica y geológica del mismo, dentro de los cuales es de mayor consideración el suelo, frecuentemente dependiendo del tipo de suelo generan conflictos en el proceso de su construcción, como es el caso de los suelos limosos en los que filtra fácilmente el agua. El mismo que es un sedimento clástico incoherente de una proporción muy elevada de limo lo que lo hace un suelo muy compacto, como resultado se produce la sedimentación de materiales finos arrastrados por el agua o transportados por los vientos.

En América del Sur, en Colombia se están realizando estudios de estabilización de suelos como alternativa a la construcción de carreteras reemplazando materiales granulares convencionales para mejorar la textura de los pavimentos, se caracterizaron suelos granulares, se mezclaron con diferentes proporciones de sedimentos aceitosos para determinar el desempeño y análisis de los posibles comportamientos en campo, incluyendo CBR y módulos flexibles. Mientras que en Bogotá, se evaluó la factibilidad técnica, económica de adicionar gránulos de caucho reciclado (GCR) en las vías asfálticas para lograr el mejoramiento de las vías terciarias considerando que es posible reciclar y reutilizar el caucho, una vez hayan cumplido su ciclo de vida útil, siendo esta una solución sostenible en el diseño de pavimentos como conclusión se demuestra: que el uso del GCR en mezclas asfálticas aumenta considerablemente los comportamientos mecánicos del pavimento, ya que solucionan los problemas de agrietamiento, ahuellamiento y resistencia a la fatiga. En Brasil, se planteó analizar el comportamiento mecánico de un suelo laterítico (pobre en sílice, mayor cantidad de hierro, alúmina y otros minerales) adicionándole plumas de pollo para emplearse en la estructura del pavimento en carreteras, No obstante, la transformación constante de la industria nos brinda calidad de vida y como consecuencia también genera residuos. En este caso la industria avícola (plumas), fibras que concentran biopolímero y queratina.

Se llegó a la conclusión que la adición de la cantidad de plumas produce una disminución del peso específico seco máximo, lo que no sucedió para la mezcla con 0,25% de pluma.

En el Perú, en la región Trujillo, se tiene experiencias utilizando, Ceniza de bagazo (CBCA) como aditivo estabilizador de arcilla para el mejoramiento de suelos, siendo una construcción sustentable al agregar diferentes proporciones de ceniza de bagazo 5%, 10% y 15% (respecto a suelo seco). Como conclusión se tuvo que al agregar un 15 % de CBCA a las muestras de suelo, ha sido un beneficio positivo para las obras de infraestructura vial ya que los desechos reducen el costo de compra de los materiales y, por lo tanto, el costo de la fase de sostenimiento. En Ancash se evaluó la demanda de un mejoramiento del suelo en las carreteras, por ello se determinó el efecto del carbón mineral y la cal empleados para estabilizar la sub rasante del suelo limoso para mejorar las propiedades físicas y mecánicas siguiendo procedimientos normados. Como resultado final se obtuvo la adición de carbón mineral en un 7% y de cal en un 4%, en el peso de la muestra, lo que logra estabilizar el suelo limoso de la sub rasante.

Finalmente, en la región Cusco se analizó y determinó el comportamiento del Cloruro de Sodio con Cal en la sub rasante mediante el ensayo de CBR. El estudio se realizó empleando las dosis de Cloruro de Sodio y cal en un 4% ,8% y 12% en el suelo natural. Produce una acción cementante el Cloruro de Sodio, generando un aumento de la capacidad de soporte y mayor resistencia a cargas, así también la Cal produciría en el suelo: la reducción de humedad natural, mayor permeabilidad, más trabajabilidad y la reducción del índice de plasticidad. Finalmente se llegó a la conclusión: El CBR se incrementó hasta un 11% de la máxima densidad seca, para ello utilizaron el 8% de Cloruro de Sodio con Cal como dosificación óptima para mejorar la sub rasante de la vía que une las APV Agua Buena y APV Qotacalle.

De esta manera surge el menester a nivel global de optar por opciones ya sean productos químicos, residuos y porque no el reúso de Biorresiduos orgánicos biodegradables los que pueden ser de origen vegetal y/o animal para arraigar el

suelo, en sus propiedades mecánicas y/o físicas lo que a su vez generaría una gran reducción de biorresiduos propiciando reducir las emisiones y estabilizar los suelos.

Para el argumento anterior, es necesario determinar cómo afecta la adición del cartílago de vacuno con goma gellan para la estabilización del suelo limoso, por lo que tenemos el siguiente **problema general**: ¿Cómo influye el cartílago de vacuno con goma gellan para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco, 2022? Y como **problemas específicos** son: **Pe1** ¿Qué efecto tiene el cartílago de vacuno con goma gellan en la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022? **Pe2**: ¿Qué efecto tiene el cartílago de vacuno con goma gellan en la densidad seca para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022? **Pe3**: ¿Cómo influye la incorporación de cartílago de vacuno con goma gellan a la cohesión del suelo limoso para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022? **Pe4**: ¿Cómo influye la incorporación de cartílago de vacuno con goma gellan a la compresión simple para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022?

El trabajo de investigación presenta las siguientes justificaciones: **Justificación practica**: Se resolverá el problema técnico de perfeccionar un suelo poco resistente mejorando las propiedades de un biorresiduo. **Justificación teórica**: Se abordará la teoría de resistencia la cortante del suelo, por lo cual es importante para futuras investigaciones. **Justificación metodológica**: La metodología experimental utilizada para la tesis servirá de guía para otras tesis. **Justificación Ambiental**: Se justifica debido a que la tesis aportará los fundamentos para la aplicación de económica circular a la vez que se aprovechan biorresiduos que pretenden reducir la contaminación ambiental. Esto ayuda con lo que se denomina economía circular, en cuanto **a la justificación social**: será beneficiada toda la población, pero principalmente los moradores de la Provincia de Paruro. Como **Objetivo general** tenemos: Evaluar la influencia del cartílago de vacuno con goma gellan para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022 y como **objetivos específicos** son **Oe1**: Evaluar el efecto que tiene el cartílago de vacuno con goma gellan en la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022. **Oe2**: Determinar el efecto

que tiene el cartílago de vacuno con goma gellan en la densidad seca para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022

Oe3: Establecer la influencia de la incorporación de cartílago de vacuno con goma gellan a la cohesión del suelo limoso para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022

Oe4: Definir la influencia de la incorporación de cartílago de vacuno con goma gellan a la compresión simple para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022.

Por lo anterior mencionado se tiene como **Hipótesis general:** El cartílago de vacuno con goma gellan influye favorablemente en la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022 y **como hipótesis específicas** son

He1: El cartílago de vacuno con goma gellan mejora la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022.

He2: El cartílago de vacuno con goma gellan aumenta la densidad seca para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022.

He3: El cartílago de vacuno con goma gellan disminuye la cohesión para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022.

He4: El cartílago de vacuno con goma gellan disminuye la compresión simple para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022.

II. MARCO TEÓRICO:

Para Dehghan, H., Tabarsa, A., Latifi, N. *et al* (2019) este estudio exploró la viabilidad de dos tipos de biopolímeros, la goma xantana y la goma guar, como aditivos ecológicos para la estabilización de suelos colapsables. Los resultados revelan que los biopolímeros disminuyen la densidad seca máxima y la permeabilidad del suelo colapsable. Los hallazgos también indican que las curvas de tensión-esfuerzo están influenciadas por la cantidad de biopolímero y el tiempo de curado. En general, los resultados sugieren que la estabilización con goma xantana y goma guar juega un papel importante para aumentar las propiedades mecánicas del suelo colapsable de grano fino, lo que da como resultado un sustituto ecológico y sostenible de los aditivos tradicionales para el suelo.

Para Manoj, N., *et al* (2021) en el estudio titulado *Stabilization of soft soil using chicken feathers as biopolymer*, Usaron las plumas de pollo como biopolímero para estabilizar suelos blandos, estas tienen gran cantidad de huecos y debido a esto tienen menor capacidad de carga. Se realiza una prueba Proctor estándar para encontrar la máxima densidad seca del suelo blando. Se agregan proporciones de plumas de pollo (5%, 10% y 15%) al suelo y se seca al máximo la densidad. A partir de esto, se tomaron las plumas de pollo comparándolas con otros materiales estabilizadores, se concluyó que las plumas de pollo reducen la resistencia al cizallamiento como otros materiales. Debido a que las plumas de pollo se descomponen fácilmente en contacto con los microorganismos presentes en el suelo. En los resultados se observó que con el aumento de las plumas de pollo hasta en un 5%, la resistencia al cizallamiento del suelo blando aumenta considerablemente y luego disminuye. Por otro lado, las plumas de pollo llenan los vacíos presentes en los suelos blandos. Por lo expuesto, las plumas de pollo son buenas hasta cierto punto y luego pueden resultar fallas.

Mohamed, Abdelazim, Mostafa, Masaki (2017) realizaron un estudio con el objetivo investigar la "Efectividad de los biopolímeros goma xantana y goma guar para mejorar los comportamientos mecánicos del suelo colapsable" debido a su comportamiento estable en condiciones severas y su disponibilidad a

precios razonables. Los resultados indicaron que la capacidad tanto de la goma xantana como de la goma guar se puede utilizar como materiales de mejora para el tratamiento de suelos colapsables. El potencial colapsable se ha reducido del 9 % al 1 % después de mezclar el suelo con una concentración de biopolímero del 2 % en el caso húmedo. Después de una semana de curado, la cohesión aumentó de 8,5 kPa a 105 kPa al aumentar la concentración de goma xantana de cero a 2 %, lo que llevo a elevar en el suelo la resistencia al corte. También prueba que la goma guar es superior a la goma xantana. En el suelo la resistencia al corte se puede aumentar en un 30% aproximadamente cuando se utiliza goma guar en comparación con la goma xantana en las mismas condiciones; sin embargo, el potencial colapsable del material del suelo se reducirá en aproximadamente un 20%.

Llanque (2020) para el estudio de doctorado en la universidad de Brasilia Pensaron en la gran cantidad de desperdicio para ser exacto 5 000.000,00 de Tn (plumas, vísceras y sangre de pollo) optó por escoger este material como fibra de refuerzo en suelos para arraigar sus propiedades mecánicas. En este estudio se empleo las plumas de pollo en tres cantidades 0,25%, 0,50% y 0,75% de peso en relación al suelo seco. Después de realizar el CBR y ensayo de tracción se verificó que las fibras no influyen relevantemente en el CBR del suelo, pero si tiene gran influencia en el mejoramiento de la resistencia a la tracción se incremento a mayor cantidad de fibras de en el suelo. Se determino que la cantidad de 0,50% de plumas es la dosificación optima

Henao, Barrios (2021), en la tesis de grado en ingeniería civil de la Universidad EIA que lleva por título “Evaluación del potencial uso de residuos de construcción y demolición en estabilización de arcillas limosas (CL)” en Colombia, tuvo como objetivo analizar la capacidad de rehusó de todos los desechos de la construcción y de la demolición (RCD) para ser usados como aglomerante en las etapas de estabilización de los suelos (CL) los que son arcillas limosas haciendo uso de la tecnología como la activación alcalina, cuyo nivel de investigación fue exploratorio los principales resultados fueron: Se logró crear dos cementantes alternativos C1 y C2. La optimización de los cementantes arrojó los factores adecuados para producir cementantes con una

resistencia entre 20 - 27 MPa. Para C1, las relaciones molares de diseño óptimas son $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ de 4,5 y $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$ de 0,1; en C2 los porcentajes óptimos son 15% y 3% para Na_2SO_4 y $\text{Ca}(\text{OH})_2$ respectivamente. La proporción de CUG fue 15 % en ambos cementantes.

Nesterenko (2017). Para la tesis de grado en ingeniería civil titulado “Funcionalidad de suelos estabilizados con polímeros en el Perú” se propuso y estableció estabilización con polímeros en suelos del contexto peruano, y se determinó para las muestras de suelos de las obras viales parámetros estructurales. Se realizó varios ensayos de laboratorio en muestras de suelo en condiciones normales, y especímenes estabilizadas con polímeros, llegándose a la conclusión que se logró mejorar las propiedades físico-mecánicas, además se mejoró el rendimiento de los suelos $\text{IP} \geq 9$.

Terrones C, Andrea (2019). en la tesis de grado en ingeniería civil, Universidad Privada del Norte, titulado “Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo–2018”. como objetivo se planteó determinar la influencia de la adición en porcentajes de 5%, 10% y 15% de (CBCA) ceniza de bagazo de caña de azúcar en peso de suelo seco para la estabilización de suelos arcillosos, cuyo tipo de investigación fue experimental – pura, la población son las Probetas elaboradas según el MTC E 132 y 1103 normas, para la muestra se hizo 9 probetas para cada dosificación de CBCA, se estableció los siguientes porcentajes de CBCA (0%, 5%, 10% y 15%) ,con un total de 36 probetas elaboradas, como principal resultado: el suelo que se utilizo es la (CL) arcilla de baja plasticidad y (ML) limo de baja plasticidad según SUCS y en AASHTO, predomino los suelos de tipo A-4, A-6 y A-7-6, además se estableció que el suelo de la carretera es de media plasticidad. Además, el contenido de humedad se encuentra entre 15.48 y 33.67, resultando como humedad promedio 25.47 después de realizar 4 posteos y 5 calicatas.

Flores, Zea (2021). Plástico reciclado en la estabilización de suelos cohesivos para mejorar la subrasante de una vía multicarril, Juliaca 2021. En la tesis, “Plástico reciclado en la estabilización de suelos cohesivos para mejorar la

subrasante de una vía multicarril, Juliaca 2021”, cuyo objetivo es mejorar la Subcapa de la carretera de varios carriles con plástico reciclado para estabilizar suelos cohesivos, el diseño de estudio fue experimental, población es la Av. Juliaca con la dirección de salida de Puno, iniciando en la estación 0,000km y finalizando en la estación 0,1150km, indicando que se utilizó la Av. Juliaca en el Relevamiento Territorial, en la capa se realizaron muestreos de suelo homogéneo las cuales fueron examinadas: m1 en la asíntota 00 200 km, m2 en la asíntota 00 600 km y m3 en la asíntota 00 950 km, llegamos a la conclusión, Analizando e interpretando los respuestas obtenidas en pruebas de laboratorio se observó que la arcilla tiene propiedades mejoradas positivamente tanto en cuanto a propiedades físico-mecánicas como el porcentaje de plástico reciclado (PET) respecto al suelo natural (SN) disminuyó, presentando una relación del 1,5%. considerada la forma más efectiva de mejorar el pavimento para una amplia gama de vehículos

Cordova , Loayza (2021) en la tesis, tuvo como objetivo evaluar cómo influye la adición de biorresiduo en la subrasante de la carretera CU-1110 - San Sebastián, el tipo de investigación fue aplicada con enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación es experimental puro de nivel explicativo, la población estuvo conformada por el suelo de la subrasante de la carretera, se tuvo 35 probetas, cada una con dosificación diferente, el muestreo fue no probabilístico y la técnica utilizada fue la de observación experimental. La investigación tuvo como resultado de que la cohesión de suelo natural fue de 3.28 kg/cm² aumento a 11.00 kg/cm² y la compresión simple del suelo natural de 6.56 kg/cm² mejoró a 21.99 kg/cm² ambos con sangre de camal, así mismo el CBR al 95% del suelo natural fue de 8.43% mejorando con la adición de sangre de res a 12.40% y pollo a 8.95%, concluyendo que la adición de Biorresiduos de camal y avícola influye en las propiedades mecánicas del suelo de la subrasante.

Huamani (2021), reúso de desechos como biopolímeros para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo limoso de subrasante en Uvima, Cusco, 2021, Para optar al Grado Académico de Maestro en Ingeniería Civil, mención: Geotecnia y Vías Terrestres.. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, 2021. Se evidencia que cuando se mezclan 20% de cartílago

en reemplazo de suelo, y 20% de sangre de ovino en reemplazo de agua, la cohesión del suelo sube desde 6.0 kg/cm² hasta 8.2 kg/cm².

Las teorías para la presente investigación, son las siguientes:

Entre ellas **el cartílago**, posee una matriz ósea firme flexible muy resistente a las fuerzas mecánicas, siendo uno de los tejidos más duros del organismo, y que también soporta las fuerzas que se le aplican, este tejido conjuntivo tienen células especializadas que secretan la matriz en la que después las células se quedan atrapadas. La mayor parte de los huesos planos se forman dentro de vainas membranosas preexistentes. Es un tejido conectivo duro y flexible que forma parte de muchos huesos de animales. El cartílago contiene células llamadas condrocitos rodeadas de colágeno (un tipo de fibrina) y proteoglicanos, que se componen de proteínas y carbohidratos según (Elsevier, 2019).

La **Goma Gellan** tiene un alto peso molecular debido a que es un polisacárido natural. Su producción industrialmente se da gracias al microorganismo *Xantomonas campestris* lo que produce una fermentación de cultivos puros, produciendo la sal sódica, cálcica o potásica de un polisacárido de gran peso molecular de altos contenidos D-glucosa, D-manosa, ácido Dglucurónico. (Instituto Europeo de Dermocosmética, 2020)

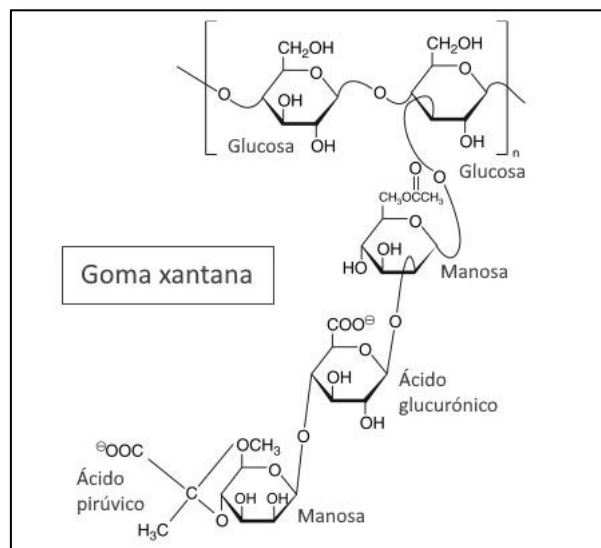


Figura 1: Estructura de goma Gellan

Fuente: (INSOLIT Beauty)

La goma gellan es una goma relativamente nueva fabricada por la bacteria gramnegativa *Sphingomonas paucimobilis*. Aunque sus propiedades fisicoquímicas están bien caracterizadas, se presta menos atención a la ecología y fisiología de *Sphingomonas* y los factores que influyen en el proceso de fermentación para la producción de esta goma según Loannis, Harvey y Mcneil (2000).

Las **Características de la goma gellan** físicamente es blanco-crema, un polvo, de fácil solución en agua caliente o fría, estas son soluciones neutras. En solventes orgánicos no es soluble. A temperaturas mayores de 65° C la goma gellan es soluble en glicerina. Las soluciones acuosas de goma gellan son solventes resistentes al agua o al etanol en concentraciones de hasta 50% a 60%. Las concentraciones de alcohol producen gelación o precipitación de esta goma. Las soluciones acuosas son altamente viscosas en comparación con otras soluciones de polisacáridos preparadas a la misma concentración (Instituto Europeo de Dermocosmética, 2020).

Archana, Priyanka y Pranav (2019) definen la goma, como un polímero natural con varias propiedades como biodegradabilidad, bioseguridad, biocompatibilidad y durabilidad, es un caso potencial para su uso en formulaciones, estudios de fármacos.

Los **Biopolímeros** son producidos por criaturas vivas. Los biopolímeros son la base de la estructura de cualquier organismo. Los biopolímeros son grandes macromoléculas biológicas conformadas por polimerización de monómeros: es decir las proteínas que son polímeros de aminoácidos, los ácidos nucleicos o conocidos también como polímeros de nucleótidos y los polisacáridos que es lo mismo a decir polímeros de azúcares (Universidad de Alcalá),

Kaplan, David L. 1998 (p.1-29) Los biopolímeros son un conjunto de polisacáridos, así como lípidos, proteínas, polifenoles y/o polímeros producidos por algunas bacterias, como también hongos, plantas y animales.

Un **Cementante**, es un material es cementante siempre que tenga la capacidad de adhesión y cohesión como como para unificar agregados convirtiéndolos en una sola masa. Las cales, cementos hidráulicos, algunas escorias y algunos materiales con propiedades puzolánicas son los principales cementantes hidráulicos. (Agua - Cementante).

Los **caminos y carreteras** se suelen conceptualizar como caminos a las vías rurales, mientras que la carretera la conceptualizan como la adecuación de una faja que se encuentra sobre la superficie terrestre que cumpla los requisitos de ancho mínimos y máximos, alineamiento y pendiente que pueda permitir rodar a los vehículos de altas y bajas toneladas para los cuales ha sido acondicionada. (Villalaz, 2004). Se **Clasifican** según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018).

- Por la orografía

Tabla 1: *Clasificación por Orografía*

TIPO	DESCRIPCIÓN
TERRENO PLANO (TIPO 1)	Poseen pendientes transversales $\leq 10\%$ y pendientes longitudinales $< 3\%$.
TERRENO ONDULADO (TIPO 2)	Poseen pendientes transversales entre 11% y 50% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 3% y 6%.
TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3)	Poseen pendientes transversales entre 51% y 100% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 6% y 8%.
TERRENO ESCARPADO (TIPO 4)	Poseen pendientes transversales $> 100\%$ y pendientes longitudinales $> 8\%$.

FUENTE: Manual de Diseño de Carreteras (MTC, 2018)

- Por la demanda

Tabla 2: Clasificación por Demanda

TIPO	DESCRIPCIÓN
AUTOPISTAS DE PRIMERA CLASE	Poseen un IMDA > 6000 veh/día, con un separador central > 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y dos o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y su superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
AUTOPISTAS DE SEGUNDA CLASE	Poseen un IMDA entre 4001 – 6000 veh/día, con un separador central de 1.00m hasta 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y 2 o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
CARRETERAS DE PRIMERA CLASE	Poseen un IMDA entre 2001 – 4000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE	Poseen un IMDA entre 400 – 2000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2. Su ancho min. de carril es de 3.30 m. y la superficie de rodadura es pavimentada.
CARRETERAS DE TERCERA CLASE	Poseen un IMDA < 400 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.00 m. y la superficie de rodadura puede ser pavimentada o afirmada.
TROCHAS CARROZABLES	Poseen un IMDA < 200 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 4.00 m. min. de calzada y la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

FUENTE: Manual de Diseño de Carreteras- (MTC, 2018)

Partes de una carretera

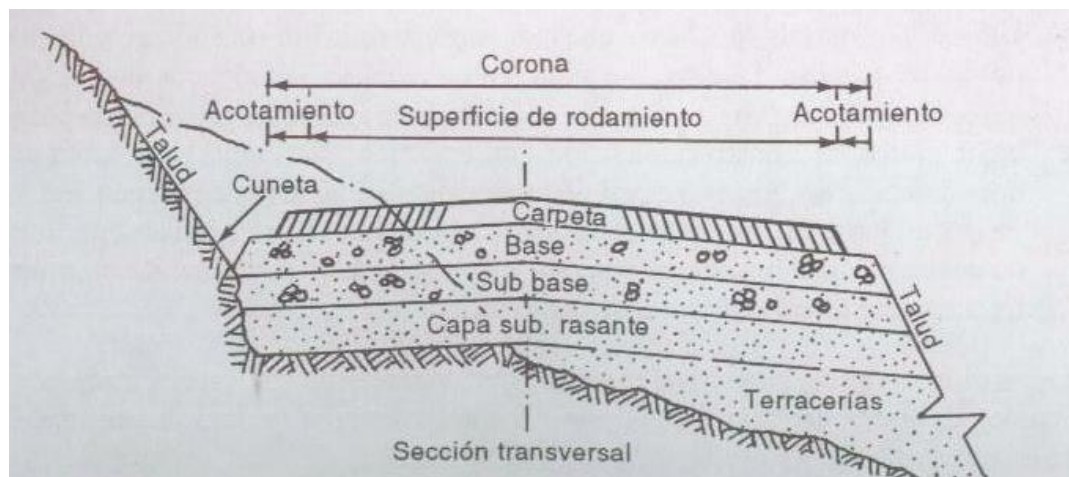


Figura 2: Secciones transversales típicas de carreteras (Puig, J. B. 1970)

FUENTE: Capítulo 10- Geología aplicada a las carreteras

Las **Calicatas** se definen como excavaciones, considerada como una de las técnicas de exploración que facilita el reconocimiento y la determinación geotécnica para poder desarrollar estudios edafológicos del terreno. Estas son generalmente de 3 hasta 4 m de profundidad. Las calicatas permiten el análisis directo del terreno, para desarrollar la exploración que brinda datos más precisos y confiable (Geoseismic, 2017).

Tabla 3: Exploración de suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

FUENTE: Ministerio de Comunicaciones y Transporte

(Manual de Carreteras, 2013 pág. 32) De los estratos encontrados en cada calicata se realizará un registro en el que se tomaran datos como el espesor de capa del subsuelo, así como también las propiedades de gradación, también la condición densa de los estratos que la componen. Finalmente se recolectarán muestras de la subrasante para llevar a cabo los ensayos de: (Mr) módulo de resiliencia o CBR, para relacionarlos con la ecuación de Mr, la cantidad de ensayos es de acuerdo al tipo de carretera.

Tabla 4: Número de Ensayos Mr o CBR

Tipo de Carretera	Nº Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> Cada 3 km se realizará un CBR


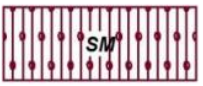

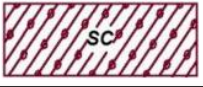




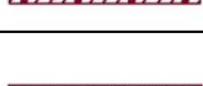
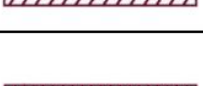
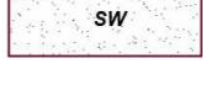


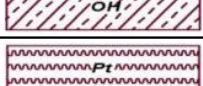
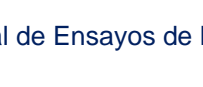
FUENTE: Elaboración Propia, tomando en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 - Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Tabla 5: Signos para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

FUENTE: AASHTO – Simbología

Tabla 6: Signos para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo organico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo organico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo organico y arcilla limosa organica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos

Los **suelos**, “Según los análisis realizados por expertos responsables, todos los suelos deben ser estabilizados, porque la pérdida de capacidad portante o la deformación excesiva atenta contra la vida humana, material” (NORMA CE.020 Estabilización de suelos y taludes)

La **descripción de los suelos**, considerando el (Manual de Carreteras, 2013), las propiedades que debemos considerar son:

- a. Granulometría, simboliza la organización de los tamaños en los que se encuentra compuesto de agregado, el cual es disgregado mediante el proceso el (Ensayo MTC EM 107) que es básicamente el tamizado según consideraciones técnicas (El análisis del tamaño de las partículas

del suelo tiene como objetivo determinar las proporciones de los componentes individuales y clasificarlos según su tamaño.

Tabla 7: Clasificación de suelos considerando el Tamaño de partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

FUENTE: Elaboración Propia, tomando en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

- b. Plasticidad, es una característica de la estabilidad es que el suelo no se descompone dentro de un cierto rango de humedad, así mismo los elementos gruesos no influyen en la plasticidad del suelo, si no de los elementos finitos depende.
- c. Equivalente de arena (EA), de la plasticidad del suelo, el EA es indicativo.

Tabla 8: Clasificación de suelos según Equivalente de Arena

Equivalente de Arena	Característica
si EA > 40	el suelo no es plástico, es arena
Si 40 > EA > 20	el suelo es poco plástico y no heladizo
si EA < 20	el suelo es plástico y arcilloso

FUENTE: Elaboración Propia, Tipo de Carretera establecido en el Manual de Ensayo de Materiales del MTC. Y la RD 037-2008-MTC/14.

- d. Índice de grupo, es una norma de AASHTO , generalmente se usa para diferenciar suelos, está norma considera los límites de Atterberg en gran parte.

Tabla 9: Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Muy Pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

FUENTE: Manual de carreteras, 2013

- e. Humedad natural, la durabilidad de los sub suelos, generalmente de los suelos finos, está directamente ligada a las condiciones de humedad y densidad a las que están expuestos estos suelos
- f. Clasificación de suelos
 - (S.U.C.S.)- Sistema unificado de clasificación de suelos

Tabla 10: Clasificación de Suelos SUCS

Divisiones Principales		Símbolo	Características Generales	
Suelos de grano grueso	Gravas (>50% en tamiz #4 ASTM)	GW	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
		GP		Pobremente graduadas
		GM	Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
		GC		Componente arcilloso
	Arenas (<50% en tamiz #4 ASTM)	SW	Limpias (Finos <5%)	Bien graduadas
		SP		Pobremente graduadas
		SM	Con finos (Finos >12%)	Componente limoso
		SC		Componente arcilloso
Suelos de grano fino	Limos	ML	Baja Plásticidad (LL<50)	
		MH	Alta Plásticidad (LL>50)	
	Arcillas	CL	Baja Plásticidad (LL<50)	
		CH	Alta Plásticidad (LL>50)	
Suelos orgánicos		OL	Baja Plásticidad (LL<50)	
		OH	Alta Plásticidad (LL>50)	
Suelos altamente orgánicos	Turba	Pt	-	

FUENTE: Manual de carreteras, 2013

- Sistema de clasificación AASHTO

Tabla 11: (AASHTO) - Clasificación de Suelos

Clasificación General	Suelos Granulares (35% máximo que pasa por el tamiz N°200)						Suelos finos (más del 35% pasa por el tamiz N°200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Porcentaje pasante:												
N°10 (2mm)	≤ 50											
N°40 (0.425mm)	≤ 30	≤ 50	≥ 51									
N°200 (0.075mm)	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				≥ 36				
Característica de fracción pasante al tamiz N°40												
LL: Límite Líquido	-		N.P.	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	
IP: Índice de Plásticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	
Tipo - material	Piedra, grava, arena		Arena Fina	Grava y arena limosa o arcillosa				Suelo limoso		Suelo arcilloso		
Estimación del suelo como subrasante	Excelente a bueno						Pobre a malo					

(a) IP del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30
(b) IP del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30

FUENTE: Manual de carreteras, 2013

Tabla 12: Correlación de Tipos de suelos SUCS - AASHTO

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

Fuente: US Army Corps of Engineers

Para (Das, 2001), los suelos limosos tienen su origen en la sedimentación de materiales arrastrados por las aguas pluviales o depositados por el viento, aunque depende generalmente de la roca madre. Son pequeños minerales que ayudan a retener agua y nutrientes por más tiempo. Es de color pardo oscuro y aluvial constituido por una mezcla de arena fina y arcilla, muy similar a la tierra y restos vegetales.

La **Estabilización**, de acuerdo al (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015), La estabilización de suelos se entiende como el uso de procesos mecánicos y la integración de productos químicos, naturales y sintéticos para mejorar las propiedades físicas de los suelos, asegurando la estabilidad mecánica de estos suelos y la durabilidad de estas propiedades, se realiza sobre suelos inadecuados o sustratos débiles. Estas técnicas incluyen desde agregar más suelo hasta agregar uno o más estabilizadores, independientemente del mecanismo de estabilización después de la compactación.

Según la (NORMA CE.020 Estabilización de suelos y taludes pág. 6) La estabilización es "un proceso físico o químico que mejora la condición mecánica del suelo"

La estabilización, se realiza en la subrasante de un suelo inadecuado o pobre. Independientemente del mecanismo de estabilización utilizado, la compactación todavía tiene lugar. Destaca la importancia de realizar pruebas de laboratorio que demuestren la conformidad y las buenas secciones transversales estructurales aprobadas, asegurando que las obras de construcción o mantenimiento en las carreteras se puedan realizar de forma sencilla, económica y con los equipos disponibles. (Manual de Carreteras, 2013).

Existen tipos de estabilización, como:

Para lograr la estabilización Física, existen varios métodos como:

➤ **Mezclas de Suelos:** Esta estabilización necesita siempre una compactación como complemento. Los suelos presentan alta fricción interna siempre que son suelos de grano grueso, es decir grava-arenas, razón que les hace capaz de soportar grandes esfuerzos, pero al no tener cohesión sus partículas se mueven, sin embargo, las arcillas gozan de gran cohesión, presentan poquísima fricción y como consecuencia pierden estabilidad en condiciones muy húmedas. La combinación de una dosificación adecuada de estos dos tipos de suelos resulta un material muy estable, del que se puede sacar ventaja de su fricción interna y la cohesión para lograr que se mantengan unidas las partículas obteniendo una sola masa (La última resistencia., 2022).

Para la **estabilización química**, se utilizan algunas sustancias químicas patentizadas (se utiliza para reemplazar iones metálicos, alteraciones de la composición de los suelos que participan del proceso). (La última resistencia., 2022)

- Cal: Reducir la plasticidad de la arcilla, lo que resulta un ahorro desde el punto de vista del presupuesto
- Cemento Portland: El aumento de la resistencia a la tierra, el uso de ella se encuentra a menudo en arena fina.
- Productos Asfálticos: considerada como una emulsión para estabilizar material molido que no presenta cohesión.
- Cloruro de Sodio: se impermeabiliza y disminuye los polvos, se usan frecuentemente para arcillas y limos.
- Cloruro de Calcio: más utilizados en arcillas y limos, impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo.
- Escorias de Fundición: Comúnmente utilizado en ligantes asfálticos para aumentar la resistencia, la repelencia al agua y prolongar la vida útil.
- Polímeros: Se usa comúnmente en ligantes de asfalto para hacerlo más duradero e impermeable, lo que prolonga la vida útil del ligante de asfalto.

Para el **análisis granulométrico**, existen dos métodos: A través del **hidrómetro** se calcula la cantidad exacta del porcentaje de suelo que pasa el tamiz N° 10 = 2.00 mm, el ensayo se realiza con fines de clasificación, su finalidad es establecer la cantidad de porcentaje de finas partículas de una muestra de suelo que logra pasar el tamiz de 74 μm (N° 200) (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Peru pág. 54). Por **tamizado ASTM D422**, este modo de funcionamiento determina el porcentaje de suelo que pasa a través de las distintas pantallas de la serie utilizada en el ensayo, hasta 74 mm (N° 200). No hay requisitos de seguridad para este modo de funcionamiento. No hay requisitos de seguridad para este modo de funcionamiento. Es responsabilidad del usuario establecer las condiciones de seguridad y salud adecuadas y definir sus obligaciones de uso e interpretación. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Peru pág. 44)

El **Límite líquido**, el patrón húmedo se coloca en un vidrio marrón llamado Copa de Casagrande y con un ranurador, la muestra se divide en dos partes, se procede a manipular la manivela ocasionando golpes a tal punto de que las muestras divididas se unan en una longitud de $\frac{1}{2}$ pulgada a consecuencia de los golpes producidos en la copa. El método de tamaño requiere al menos tres pruebas para diferentes datos de humedad, humedad y el número de choques con gráficos a una escala semilogarítmica en la que se traza la “curva de fluidez”, hallando el limite liquido como cantidad de humedad necesaria para que las muestras separadas por el ranurador se unan al cabo de los 25 golpes, según Shuan L. *et al* (2019).



Figura 3: Copa Casagrande para ensayo de limite liquido

Fuente: Elaboración Propia

El límite **elástico o plástico** se determina haciendo rodar la tierra, intercalada entre los dedos y la placa de vidrio, rodando varias veces hasta que una varilla cilíndrica o varilla tenga $\frac{1}{8}$ de pulgada (3,2 mm) de diámetro, mientras se evapora la humedad. reducido hasta el punto en que el rodillo se rompe o se rompe bajo la presión de amasado y no se puede restaurar, la humedad en este punto se denomina límite elástico. Repetir el procedimiento hasta que la muestra pese 6 g. Al menos, Shuan L. *et al* (2019).



Figura 4: Equipos para el ensayo de Limite Plástico

Fuente: Elaboración Propia

(Llorens, 2007) Con la probatura de **compresión simple** de los suelos, se establece la resistencia de un suelo cohesivo aplicando las cargas axiales bajo control de deformación y usando muestras de suelo intactas formadas en cilindros, no confinada, este requiere un suelo coherente y muestra inalterada. Consiste en romper una probeta de suelo NO CONFINADA ($\sigma_1 = 0$). Los resultados son la curva tensión- deformación y el aguante a la compresión simple.

La **densidad seca (g/cm³)** de un material, es relación entre la masa de sólidos y la masa total del suelo. La densidad seca permite establecer un estándar de comparación para suelos de menor o mayor densidad con respecto a un valor específico de densidad máxima, Ocete et al (2012).

Hossne *et al* (2012), indica que la **densidad húmeda (g/cm³)**, caracteriza a muestras que no han sido secadas al horno. La densidad húmeda se analiza como la totalidad de la masa del suelo entre el volumen de la muestra cilíndrica igual al volumen de la muestra, de modo que la densidad húmeda sea mayor que la densidad seca.

Según (Martínez, 2003), la **Cohesión (kg/cm²)** es la fuerza cohesiva en el suelo es la capacidad de corte cuando se aplica el esfuerzo normal a la superficie deslizante. Consistencia en el uso de la humedad del suelo. Por este motivo, antes de comenzar una construcción se realizan estudios para determinar la cohesión del suelo.

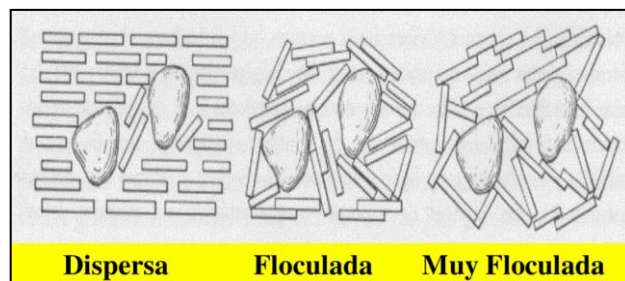


Figura 5: Estructura de Suelos Cohesivos

Fuente: (Angelone, y otros, 2014)

Los suelos limosos tienen muy poca cohesión en comparación con los suelos arcillosos que son de cohesión alta de 0.25 a 1.5 Kg. /cm² a más, en la arena la cohesión es 0.

La **compresión simple** es la capacidad de carga por unidad de área, expresada en kg/cm², MPa y libras por pulgada cuadrada (psi), lo que nos permite medir las cargas de rotura en suelos sometidos a cargas de compresión, estas deformaciones medidas tienen un error de 0,0001 mm., Delgado *et al* (2018).

Los **biorresiduos** son restos orgánicos biodegradables que son de origen vegetal y/o animal, los que tienden a degradarse biológicamente muy fácil. La FAO - Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura, indica que los biorresiduos son alimentos, ya que como indica cada año se desperdician o pierden 1300 millones de toneladas de los alimentos que se generan en todo el mundo. (FAO, 2013). Estos tienen un gran potencial para la transformación a una economía circular. Según informa La Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), la reducción y el uso de biorresiduos podrían reducir las emisiones, mejorar los suelos y proporcionar energía.

Frente a la economía lineal de extracción, producción, consumo y desperdicios, la **economía circular** fomenta un flujo constante, lo cual es una buena opción donde los residuos pueden reingresar al sistema productivo como recurso (Gobierno de Argentina).

Una economía circular es un patrón de producción y consumo que asegura un crecimiento sostenible en el tiempo. Combina cuatro aspectos: Sostenibilidad ambiental y cambio climático, desarrollo urbano sostenible, desarrollo económico y social, y sostenibilidad fiscal. (Sustantperu, 2019). La economía circular es un enfoque de desarrollo económico a nivel de sistemas, diseñado para beneficiar a la sociedad, medio ambiente y a las empresas. (Dossieres EsF, 2020).

III. METODOLOGÍA

3.1 Tipo y Diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación:

Para (Gomez B, 2012 pág. 71), Entre los propósitos de la investigación encontramos la recopilación de datos, los que después serán analizados y confrontados con la hipótesis planteada, y finalmente llegar a las conclusiones. Para ello debemos considerar el tipo de investigación efectuada y de los instrumentos seleccionados. Para el procesamiento de los datos recopilados es necesario emplear la estadística; para este caso los datos se analizarán considerando el enfoque: Cuantitativo, este enfoque se centra el análisis en los números arrojados para cada respuesta, posteriormente a haber realizado la codificación.

Considerando lo anteriormente indicado, la presente investigación es por enfoque es: Cuantitativa, porque el análisis se realizara sobre los números arrojados para cada respuesta a los problemas específicos, y por el propósito, según (Caceres P, 2000 pág. 70), es Aplicada o tecnológica, porque tiene por objeto modificar algo de la realidad, para ello utiliza el conocimiento científico en algo material, modificándolo o cambiándolo.

3.1.2. Nivel de investigación:

Según (Caceres P, 2000 pág. 78), el nivel de la investigación es Experimental, porque se basará en los cambios producidos intencionalmente en una o más variables, con el objetivo de producir un cambio debido al elemento añadido o sustraído.

Por consiguiente, el nivel de esta investigación es explicativo, porque se establece la relación causal entre las VI y VD.

3.1.3. Diseño de investigación:

(Arias, 2012) El investigador adopta como estrategia general el diseño de investigación para hallar una respuesta al problema planteado. Cuando se trata del diseño, la investigación se clasifica como: Documental, como toda investigación, el objetivo es aportar nuevos conocimientos. (Arias, 2012

pág. 27) ; La investigación de campo, consiste en recolectar datos de los sujetos investigados así como de la realidad donde se producen los acontecimientos (llamados datos primarios), el investigador obtiene la información, lo que no altera las condiciones previas (Arias, 2012 pág. 31). La investigación Experimento, que implica exponer a un sujeto o grupo de personas a ciertas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente) para observar un efecto o respuesta (variable dependiente). (Arias, 2012 pág. 34)

Este trabajo de investigación es de diseño experimental porque manipula la VI: Cartílago de vacuno con goma gellan y en el se observaran los efectos o reacciones que sufren la VD: Estabilización de suelo limoso. Es cuasiexperimental, porque este diseño es casi un experimento, debido a que existe una falta de control en el momento de la conformación de los grupos, lo que afecta la capacidad de garantizar que el resultado sea producto de una variable independiente. Habiendo: grupo experimental (Ge) y el grupo de control (Gc). (Arias, 2012 pág. 35)

3.2 Variables y operacionalización

3.2.1. Variables:

Para (Arias, 2006 pág. 57), La variable es “magnitud o cantidad, una característica o cualidad; susceptible a cambios, el cual es objeto de ser analizado, ser medido hasta manipulado, pasar por un control en una investigación”.

La variable se clasifica en: Variable dependiente en la que se observara los resultados del estudio razón de la investigación a diferencia de la Variable independiente; en esta se realizaran los tratamientos bajo las condiciones que el investigador supervisa para comprobar los efectos sobre el resultado mientras que la Variable de control, cumple la “una función de estas variables para reducir el riesgo de cambios en la variable dependiente” (Namakforoosh, 2014 pág. 67).

Para la investigación en curso las variables son: VI: Cartílago de vacuno con goma gellan, en este se representará los tratamientos o condiciones que servirán para probar los efectos sobre el resultado y la **VD:**

Estabilización de suelo limoso, porque reflejara los resultados posteriores a la manipulación.

3.2.2. Matriz de operacionalización

Ver anexo 02

3.3 Población, Muestra y Muestreo

3.3.1. Población

Una población es una colección de varios objetos, que pueden ser personas o incluso documentos. Es un conjunto finito o infinito de elementos que comparten las mismas características, lo llamaremos conjunto objetivo, la misma población limitada por el problema y el objetivo de la investigación, las conclusiones a las que llegaremos las analizaremos. (Arias, 2012 pág. 81).

Para la presente investigación la población será el suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque – Cusco, que comprende 13+000 Km de la vía; porque en él se realizará los estudios y sobre la que se espera obtener los resultados.

3.3.2. Muestra:

(Cabezas, y otros, 2018) Llegaron a la conclusión es que la muestra es parte de todo el universo, que también incluye todo el conjunto que se está estudiando, lo que requeriría una inversión sustancial de tiempo y el contexto, a menudo extenso y costoso, para estudiar todo el universo. Debe ser capaz de identificar a los miembros que componen la muestra y poder hablar de toda la población en general.

(Hernandez, y otros), determina la muestra, igual a un subgrupo representativo de la población, esperando que este sea el reflejo fiel del conjunto de la población de interés del que se recolectarán datos, para ello este mismo debe estar bien definido y delimitado con precisión sienta este mismo representativo de la población.

Para la investigación en curso el tipo de la muestra es no probabilística, ya que la elección de la muestra depende de las características de la investigación (Hernandez, y otros) .La muestra seleccionada fue de manera no aleatoria, porque es de acuerdo al criterio del investigador según normativa.

Para la investigación, la muestra está conformada por suelos de la progresiva 10+000 km al 11+000 km , siendo esta una zona critica debido a que presenta saturación de agua; en los que se realizaran 3 calicatas, de los que se tomaran muestras representativas del suelo, de acuerdo a la tabla N° 3 exploración de suelos.

Se ha considerado un suelo representativo del que se realizaran los siguientes especimes de acuerdo al diseño factorial que se detalla en la siguiente tabla.

Tabla 13: Dosificación de acuerdo al Diseño Factorial.

N	Diseño factorial		Dosificación de goma gellan (g)	Dosificación de suelo (g)	dosificación de cartilago (g)	dosificación de agua (g)	Sub total TESTIGOS DE SUELO
	Goma Gellan (%)	Cartilago (%)					
1	0	0	0	220	0	30.8	1
2	1.5	0	3.3	216.7	0	30.8	1
3	0	1.5	0	220	3.3	27.5	1
4	1.5	1.5	3.3	216.7	3.3	27.5	1
5	1	1	2.2	217.8	2.2	28.6	1
6	1	1	2.2	217.8	2.2	28.6	1
1	0	0	0	220	0	30.8	1
2	1.5	0	3.3	216.7	0	30.8	1
3	0	1.5	0	220	3.3	27.5	1
4	1.5	1.5	3.3	216.7	3.3	27.5	1
5	1	1	2.2	217.8	2.2	28.6	1
6	1	1	2.2	217.8	2.2	28.6	1
CANTIDAD TOTAL DE TESTIGOS DE SUELO							12

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Muestreo:

Para (Gomez B, 2012), El muestreo es un método mediante el cual el investigador selecciona unidades representativas para obtener datos que permitan estudiar información sobre la población.

(Arias, 2012 pág. 82) Para seleccionar una muestra se utiliza una técnica o proceso conocido como muestreo. El muestreo de incertidumbre es un proceso de selección si se desconoce la probabilidad de que un miembro

de la población integre la muestra. Se clasifica en aleatoria o aleatoria “que permite una selección arbitraria de elementos sin juicio ni criterios predeterminados”, intencional o de formación de opinión “seleccionada según el criterio del investigador” y seleccionada la muestra según el criterio “que incluye algunos basado en las características de la población” (Arias, 2012 págs. 85, 86). En la investigación en curso el muestreo es no probabilístico intencional de acuerdo a la conveniencia del investigador.

3.4 Técnicas e instrumento de recolección de datos.

3.4.1. Técnicas de recolección de datos:

La recolección de datos es un proceso que determina los fines propuestos, los procedimientos de recolección y la ubicación de las fuentes o sujetos de información, así como la ubicación de las solicitudes, los consentimientos informados y la duración de las solicitudes. (Monje A, 2011)

(Arias, 2012 pág. 111), la recolección de datos es un proceso que determina los fines propuestos, los procedimientos de recolección y la ubicación de las fuentes o sujetos de información, así como la ubicación de las solicitudes, los consentimientos informados y la duración de las solicitudes.

Considerando lo anterior mencionado la técnica empleada en esta investigación es la observación directa.

3.4.2. Instrumentos de recolección de datos:

Para (Arias, 2012 pág. 111), Los instrumentos son considerados como medios materiales que se utilizan para recolectar y almacenar la información. Para la investigación en curso los instrumentos a emplearse son las fichas técnicas, las cuales serán las siguientes:

Ficha Técnica N.º 02: Densidad seca (g/cm³) (Anexo N.º 03)

Ficha Técnica N.º 03: Densidad húmeda (g/cm³) (Anexo N.º 04)

Ficha Técnica N.º 04: Cohesión (kg/cm²) (Anexo N.º 05)

Ficha Técnica N.º 05: Compresión simple (kg/cm²) (Anexo N.º 06)

3.4.2.1. Validez

Para medir la confiabilidad de la validez (verdad) de una herramienta, algunos procedimientos a utilizar son: (Preguntas a un grupo conocido - Know groups), (Verificar Comportamiento - Cross - checkquestions) y (Verificación de datos previos - Pregunta de Control). Al estimar la validez, debe observar detenidamente la característica o características que desea probar, denominada variable estándar. Debemos resaltar que el contenido de la validez no puede ser expresado cuantitativamente, sino que se trata más bien de una cuestión de juicio, se aprecia subjetivamente o intersubjetiva utilizando el denominado Juicio de Expertos (Corral, 2009 pág. 231)

Para la presente investigación se empleará la técnica de validez denominado juicio de expertos. Los expertos para la validación son:

Experto N.º 01: Ing. Pablo Cabrera Quiroga, CIP: 210642

Experto N.º 02: Ing. Alejandro Aquiles Vela Poma CIP: 198752

Experto N.º 03: Ing. Dante Amilcar Colque Cairo, CIP: 211726

El instrumento de recolección de datos, la ficha técnica ha sido redactado, coherentemente y cumple con las características para la calificación según los siguientes criterios de validación que se detallan en la tabla:

CRITERIOS DE VALIDACION	
Nula	> 0.53
Baja	0.54 - 0.59
Valida	0.60 - 0.71
Excelente	0.72 - 0.99
Perfecto	1

3.4.2.2. Confiabilidad:

Esto es esencial para verificar el cuestionario en un pequeño grupo de población antes de comenzar el trabajo en este campo, la evidencia garantiza las condiciones de implementación similar a las obras reales en el campo. Confiabilidad responde a las preguntas. ¿Cómo son ciertas

exactamente los elementos, los reactivos o las tareas, es el universo donde han elegido? (Corral, 2009 pág. 238)

En la presente información se da por los resultados de ensayos y estos van a ser confiables debido a su certificado de calibración.

- Certificado de calibración mallas granulométricas (anexo N° 07)
- Certificado de calibración Copa de Casa Grande (anexo N° 08).
- Certificado de calibración de Horno eléctrico (anexo N° 09).
- Certificado de Calidad Molde Proctor Modificado (anexo N° 10).
- Certificado de calibración de Prensa Hidráulica para rotura de concreto (anexo N° 11).

3.5 Procedimiento

Para la estabilización de suelo limoso de la carretera CU-1516, se busca mejorar las características mecánicas y físicas del mismo, adicionando diferentes porcentajes de cartílago de vacuno y goma gellan para determinar cuál es la proporción óptima para la estabilización del suelo, para el cual se realizó los ensayos de laboratorio de los que se obtuvo resultados fundamentales los que fueron sometidos a análisis.

El procedimiento se dividió en etapas, siendo las siguientes:

ETAPA I: Recolección de muestras

Localización de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco.

El área de estudio del proyecto se encuentra ubicado geográficamente en:

Región : Cusco
Provincia : Paruro
Distrito : Yaurisque
Coordenadas geográficas
Longitud : -71.9206
Latitud : -13.6656



Figura 6: Localización de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco.

Fuente: Google Earth

Excavación de las calicatas y toma de muestra en la zona de estudio.

A. Equipos y materiales

- Ficha de campo para las calicatas
- Flexómetro de 5 metros
- Yeso para marcar las calicatas herramientas manuales pico y pala para excavar las calicatas.
- Bolsas de plástico para las muestras de suelo
- Cámara fotográfica.

B. Procedimiento

- Se realizó una visita a la zona de estudio en la que se realizó las excavaciones para las calicatas, del cual se extrajo las muestras de suelo.
- Se trazo la ubicación exacta donde se realizó la calicata con dimensiones de 1m x 0.80m con una profundidad mínima de 1.5m, la misma que se estipula en la norma MTC 2013, la carretera es considerada de segunda clase en el que se realizó tres calicatas.

Tabla 14: Ubicación de calicatas

CALICATA N.º 01	CALICATA N.º 02	CALICATA N.º 03
PROGRESIVA	PROGRESIVA	PROGRESIVA
10+000	10+500	11+000

Fuente: Elaboración propia

- Se procedió a recoger las muestras de suelo por calicata, las que fueron trasladadas al laboratorio.



Figura 7: Exploración de Suelos

Fuente: Elaboración propia.

Recolección de materiales adicionantes

- **Cartílago de vacuno**

Adquisición del cartílago de vacuno (500 gr de la parte de la tráquea), lugar mercado Vinocanchon-San Jerónimo.

- **Goma gellan**

Compra de goma gellan ¼ kg (centro de expendio de Especerías). Por ser un producto comercial de uso doméstico, comestible no necesita de alguna preparación.

Etapas II: Caracterización de materiales (ensayos)

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM D422**

A. EQUIPOS

- Balanza, de gran susceptibilidad de 0,01 g, pesar el material que pasa por el tamiz (Nº 4).
- Estufa u Horno, con la capacidad de mantener una temperatura estable y/o constante hasta 110 ± 5 °C.
- Brocha
- Tamices

B. PROCEDIMIENTO

Se toma una proporción de la muestra separada del cuarteo para realizar el método de tamizado.

Se procede a lavar la muestra empleando un tamiz #200.

Secar la muestra.

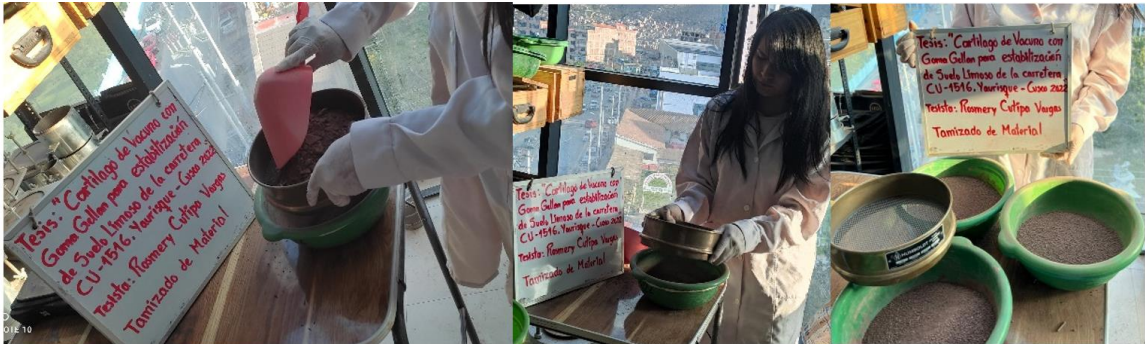


Figura 8: Tamizado de Material

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 15: Análisis Granulométrico ASTM D422

CONTENIDO DE HUMEDAD	ASTM D2216	CODIGO
ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO	ASTM D422	0

CONTENIDO DE HUMEDAD (ω)		
1	No recipiente	1
2	W recipiente (gr)	0.00
3	W recipiente sw (gr)	1875.00
4	W recipiente s (gr)	1875.00
5	W w : 3-4 (gr)	0.00
6	W s : 4-2 (gr)	1875.00
7	ω : 100*5/6 (%)	0.00

ANALISIS GRANULOMETRICO		
8	W recipiente s (lavado) (gr)	1875.00
9	W s (lavado) : 8-2 (gr)	1875.00
10	W s fino (platillo) (gr)	1160.00
11	W Total Parcial Retenido (gr)	1874.00
12	ΔW : 9-11 (gr)	1.00
13	W s fino (total) : [6-(11-10)-12] (gr)	1160.00
14	% finos : 100*13/6 (%)	61.87
15	Error : 100*12/9 (%)	0.05

D10	(mm)	0.03
D30	(mm)	0.04
D60	(mm)	0.07
Cu = D60/D10		2.87
Cc = D30 ² /(D10*D60)		0.81

Tamiz	Peso Parcial Retenido	Peso Parcial Retenido Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que Pasa
- (mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	09.500	0.00	0.00	0.00	100.00
No 004	04.750	0.00	0.00	0.00	100.00
No 010	02.000	0.00	0.00	0.00	100.00
No 020	00.850	0.00	0.00	0.00	100.00
No 040	00.425	0.00	0.00	0.00	100.00
No 060	00.250	0.00	0.00	0.00	100.00
No 100	00.150	98.00	5.23	5.23	94.77
No 200	00.075	616.00	32.91	38.13	61.87
Platillo	1160.00	1160.00	61.87	100.00	0.00
Total	1874.00	1875.00	100.00	-	-

Fuente: Elaboración propia.

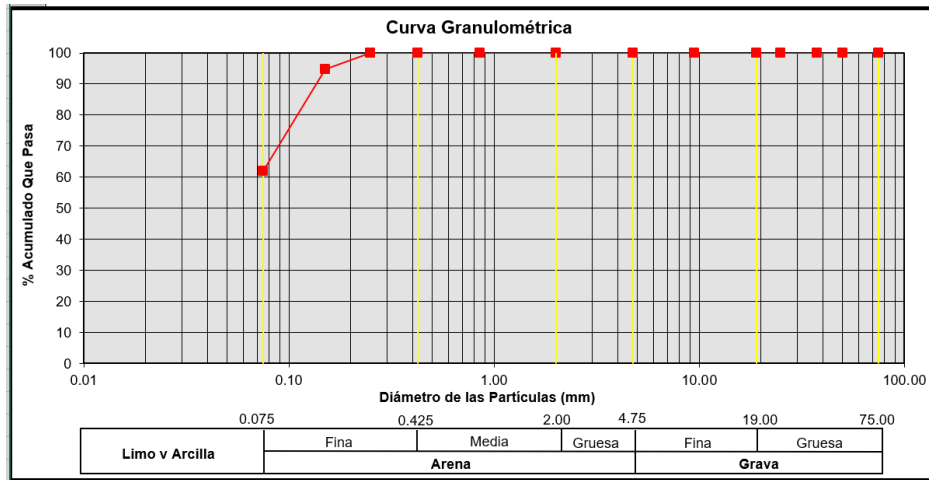


Figura 9. Curva Granulométrica

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 16: Clasificación SUCS

SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACION					
CLASIFICACION SUCS			ML		
N 200=	61.87	Cu =	2.87		
N 4=	100.00	Cc =	0.81		
L.L.=	27.37				
I.P.=	4.10				
DIVISIONES MAYORES	SIMBOLO DE GRUPO	NOMBRES TIPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACION PARA SUELOS GRANULARES		
Suelos de grano grueso (mas del 50 % del material es mayor en tamaño que el tamiz No. 200)	Gravas (mas de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz No. 4)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas, poco o ningún fino	Cu > 4 1 < Cc < 3	
		GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava-arena, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para GW	
	Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A o Ip < 4	A los materiales sobre la línea A con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo
		GC	Gravas arcillosas, mezcla grava-arena-arcillosas	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
Arenas (mas de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz No. 4)	Arenas limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	Cu > 6 1 < Cc < 3	
		SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino	No cumple todos los requisitos de gradación para SW	
	Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena-limo	Límites de Atterberg por debajo de la línea A ó Ip < 4	Si el material está en la zona sombreada con 4 < Ip < 7 se considera de frontera y se les asigna doble
		SC	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla	Límites de Atterberg por encima de la línea A ó Ip > 7	
Suelos de grano fino (mas del 50 % del material pasa el tamiz No. 200)	limos y arcillas (Limite liquido wL < 50)	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva granulométrica. 2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz No. 200) los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 6% - GW, GP, SW, SP Mas del 12% - GM, GC, SM, SC De 6 a 12% - casos frontera que	
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.		
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad		
	limos y arcillas (Limite liquido wL > 50)	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.		
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.		
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos		
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba o otros suelos altamente orgánicos			

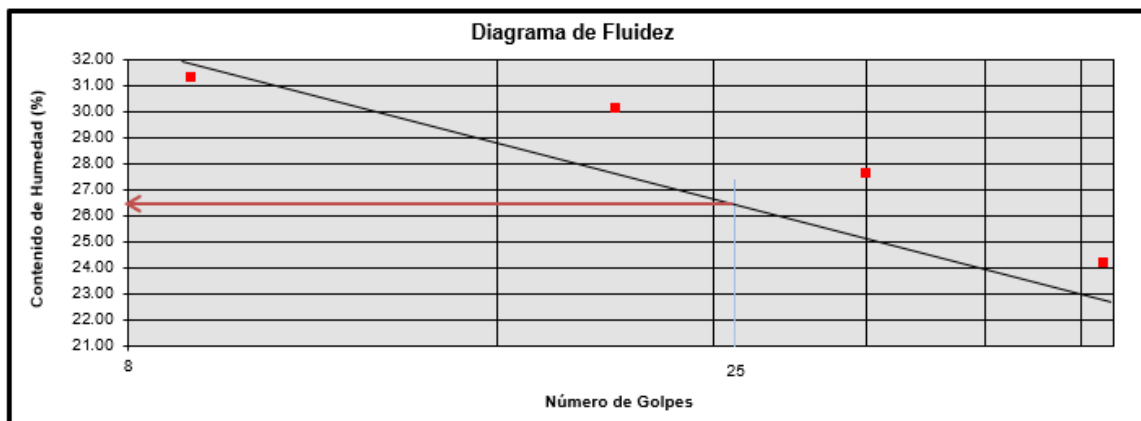
Fuente: Elaboración propia.

- Se realizó la clasificación SUCS, del cual el suelo resulto ML y A4 según el sistema AASHTO.

Se halló el límite líquido para el cual se usó la copa de Casagrande calibrada así como para el límite plástico se empleó la muestra de suelo que se ensayó en la copa de Casagrande, luego se roló la muestra hasta formar cilindros con diámetro de 3 mm sin que se destruyan llegando a alcanzar 6 gr en peso, posteriormente fue llevada al horno, ya con los resultados de las tres calicatas se realizó la clasificación de suelos según SUCS y AASHTO.

Tabla 17: Límite Líquido y Límite Plástico

No DE ENSAYO	1	2	3	4
LÍMITE LÍQUIDO (LL)				
1 No recipiente	1	2	3	4
2 No golpes	50	32	20	9
3 W recipiente (gr)	47.30	46.60	47.40	46.90
4 W recipiente sw (gr)	66.80	63.70	67.70	77.50
5 W recipiente s (gr)	63.00	60.00	63.00	70.20
6 W _w : 4.5 (gr)	3.80	3.70	4.70	7.30
7 W _s : 5.3 (gr)	15.70	13.40	15.60	23.30
8 ω : 100 ^{6/7} (%)	24.20	27.61	30.13	31.33
9 LL (%)				27.37



LÍMITE PLÁSTICO (LP)				
1 No recipiente	Q3			
2 W recipiente (gr)	10.82			
3 W recipiente sw (gr)	17.23			
4 W recipiente s (gr)	16.02			
5 W _w : 3.4 (gr)	1.21			
6 W _s : 4.2 (gr)	5.20			
7 LP : 100 ^{5/6} (%)	23.27			
8 LP promedio (%)				23.27

Fuente: Elaboración propia.

ETAPA III: Preparación de los materiales adicicionantes

○ Cartílago de vacuno

A. EQUIPO

- Horno de secado debidamente calibrado
- Licuadora extractora de Potencia 400 watts
- Recipientes

B. PROCEDIMIENTO

- Cartílago secado al horno (110°C) durante 24 horas
- Molido de cartílago - trituración
- Reposar el cartílago en ácido acético en proporción 1:5
- Cartílago en ácido acético a 70° C en el horno durante 4 horas
- Licuar el cartílago (durante 3min)



Figura 10: Preparación de materiales adicicionantes

Fuente: Elaboración propia.

- **Goma gellan**

Compra de goma gellan ¼ kg (centro de expendio de Especerías). Por ser un producto comercial de uso doméstico, comestible no necesita de alguna preparación.



Figura 11: Goma Gellan

Fuente: Elaboración propia.

Etapa IV: Elaboración de especímenes con la dosificación

- Mezclar homogéneamente el suelo y los adiconantes durante un (1min) en la batidora de potencia: 2000 vatios, respetando el diseño factorial de los materiales adiconantes para cada espécimen de suelo, que se detalla en la tabla N.º 14 dosificaciones para la elaboración de los especímenes de acuerdo al Diseño Factorial.



Figura 12: Combinación según el diseño factorial.

Fuente: Elaboración propia.

Etapa V: Procedimientos para conocer los indicadores

- **ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE**

El objetivo principal de este ensayo es obtener rápidamente un valor aproximado de la resistencia a la compresión de un suelo de suficiente cohesión para el ensayo en estado no presurizado.

A. EQUIPOS

- Aparato de Compresión: prensa para la rotura de los testigos de suelo con una velocidad controlada mecánicamente suficiente para alcanzar la carga de rotura. El dispositivo de medición de fuerza deberá tener una sensibilidad igual al 1% de la resistencia a la compresión simple de la probeta.
- Extractor de muestras para la separación de núcleos de suelo.
- Instrumento para determinar el contenido de humedad de las muestras (MTS E 108).
- Temporizador si la prensa se opera manualmente.
- Pesar para determinar la masa de la muestra con una precisión del 0,1% de la masa total de la muestra.
- Los calibradores Vernier permiten medir las dimensiones físicas de la muestra con una precisión de 0,1 mm. Calibres o similar.
- Horno capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

B. PROCEDIMIENTO

Elaboración de especímenes con la dosificación

- Se realizo el proceso de Homogenización del suelo, cartílago de vacuno y goma gellan para la elaboración de especímenes.
- Modelo compacto. La muestra también se puede presionar en el molde hasta un contenido de humedad y una gravedad específica específicos. Después de formar la plantilla, se cortan los extremos perpendiculares al eje longitudinal, se retira la muestra del molde y se determinan su masa y dimensiones. La experiencia ha demostrado que es difícil procesar, compactar y obtener resultados fiables con muestras con un contenido de humedad superior al 90 % de la saturación de la muestra de suelo.
-
- La altura y el diámetro o el lado del espécimen se miden con una precisión de 0,1 mm utilizando un calibrador o un calibrador similar. ·
- Se pesa la muestra.

- Se coloca la muestra en la prensa para que quede perfectamente centrada. El dispositivo de avance se acciona firmemente según sea necesario para que la muestra entre en contacto con la placa de presión superior de la prensa. El indicador de deformación se reinicia.
- Se procede a utilizar el extractor de muestras, para extraer los testigos de suelos.
- La compactación, para este proceso después de la mezcla, se debe realizar 45 golpes para poder obtener un cilindro compacto (testigos de suelo).



Figura 13: Proceso de compactación

Fuente: Elaboración Propia

- Las muestras que se remodelan mediante procedimientos de compactación estática también se miden con estos métodos.
- Es común que la densidad sea menor que el valor basado en los volúmenes del tubo o del molde, o de las condiciones in situ después de retirar la muestra de los tubos de muestreo y los moldes de compactación. Este cambio se debe a que la muestra se hincha después de eliminar las presiones laterales.
- Obtendremos los testigos de suelo.
- Para el proceso del fraguado lo dejaremos durante 24 horas al aire libre.



Figura 14: Proceso de fraguado

Fuente: Elaboración Propia

- Introducir al horno de secado forzado con termostato de precisión / - 5°C calibrado los testigos de suelo elaborados según el diseño factorial, por el tiempo de 24 horas.
- Analizamos y procedemos a obtener los resultados de sus propiedades físicas de cada testigo de suelo. Balanza de precisión con una capacidad de carga de 2000 g y una lectura mínima de 0,1 g, calibrada.



Figura 15: Medición de propiedades mecánicas: cohesión y compresión simple

Fuente: Elaboración propia

○ **Densidad Húmeda y Densidad seca - Peso y volumen**

- Procedemos a pesar los testigos de suelo húmedo en la balanza de precisión, posteriormente al término del secado de los testigos de suelo al interior del horno estufa, durante 24 horas, procederemos a volver a pesar los testigos de suelo para conocer el valor del peso seco.

- Finalmente obtendremos los resultados de sus propiedades físicas de cada testigo de suelo, como son la Densidad Húmeda y Densidad Seca.

Tabla 18: Conociendo la Densidad Húmeda y Densidad Seca

N	Gellan (%)	Cart (%)	W humedo	W seco	Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)
1	0	1	247.9	214.7	2.22	1.92
2	1.5	0	248.3	215	2.22	1.92
3	0	1.5	248.5	216.6	2.22	1.94
4	1.5	1.5	246.2	214.5	2.20	1.92
5	1	1	249	216.4	2.23	1.93
6	1	1	247.7	214	2.21	1.91
7	0	0	245.5	211.5	2.20	1.89
8	1.5	0	249	214.5	2.23	1.92
9	0	1.5	246.7	216.4	2.21	1.93
10	1.5	1.5	249.9	216.9	2.23	1.94
11	1	1	248.5	215.4	2.22	1.93
12	1	1	247	214	2.21	1.91

Fuente: Elaboración propia.



Figura 16: Peso de cada testigo de suelo

Fuente: Elaboración propia.

3.6 Técnicas de análisis de datos

Se empleó la estadística inferencial para el análisis de datos, para la prueba de normalidad de los datos se empleó Shapiro Wilk ($n < 50$). Si tiene una distribución normal, nos resulta muy útil para extraer la información sobre sus propiedades. Se utilizará la estadística paramétrica porque los datos siguen una distribución normal. La Contrastación de hipótesis puede ser descriptiva o estadística.

El **diseño de experimentos**, es una técnica estadística para entender cómo funciona un proceso, su propósito es estudiar las variables que lo afectan y usar herramientas estadísticas para saber si ciertos factores afectan la variable en estudio y si hay factores que afectan el proceso. Una gran ventaja del DOE, es que su uso es tan frecuente, es su capacidad para estudiar una amplia gama de procesos y encontrar

respuestas a todo tipo de preguntas. Pero antes de comenzar, siempre debemos formular las preguntas que queremos que se respondan. (TECNICAS DE CONTROL METROLÓGICO, 2017).

(Quinn, y otros, 2002), cuando todas las variables predictoras son continuas, los modelos se denominan modelos de regresión múltiple. Cuando todas las variables predictoras son categóricas (variables de agrupación), se trata de modelos de **análisis de varianza** (ANOVA).

Para el análisis de los resultados se desarrolló el análisis de varianza (ANOVA) con un nivel de confianza del 95%, la cual incluye la significancia estadística de cada uno de los términos del modelo ajustado (Valor - P), los efectos estimados en cada término, el coeficiente de determinación del modelo (R^2) y la carencia de ajuste, con el fin de establecer la exactitud del modelo para representar los datos experimentales. Se utilizó el XLSTAT.

El **Software estadístico XLStat**, es un conjunto de módulos de análisis estadístico de Microsoft que permite a los usuarios analizar, personalizar y compartir resultados en Microsoft Excel; además, permite el diseño de experimentos, así como su análisis de datos y estadística. (XLStat, 2021)

Según (Fernandez B, 2020), en el 0 , se analizarán los diseños factoriales más utilizados en experimentos con dos o más variables independientes cuando el investigador considere que son las variables que afectan a la variable dependiente. En el diseño de factores, cada nivel de cada factor independiente está vinculado entre sí, creando así todas las combinaciones posibles. Cada combinación se convierte en una condición de la prueba. Esto hace que las pruebas sean más eficientes porque puede obtener información sobre el impacto de todos los factores en los niveles de otras personas. Este efecto se define como el cambio en la respuesta de un experimento debido a un cambio en el nivel del factor.

(Fernandez B, 2020 pág. 38) En la práctica, existen unos recursos limitados con los que cuenta el experimentador para realizar el experimento, por lo que no siempre es posible realizar un número elevado

de experimentos. Por ello, para poder experimentar con tantos factores, se recurre al **diseño factorial fraccionado**.

Exp. N°	Goma Gellan	Cartilago de vacuno
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	0.333	0.333
6	0.333	0.333
7	-1	-1
8	1	-1
9	-1	1
10	1	1
11	0.333	0.333
12	0.333	0.333

La **regresión lineal múltiple** está diseñada para ajustarse a un modelo lineal entre la variable dependiente y muchas variables independientes. (Montgomery, y otros, 2012). Esto significa tratar con múltiples variables independientes que contribuyen a una variable dependiente, manejar múltiples coeficientes y computacionalmente más complejo con variables.

3.7 Aspectos éticos

Para la presente investigación se garantizará la calidad ética de la siguiente manera: Se respeta los derechos de autor realizando las citas correspondientes según esta establecido en las referencias estilo ISO 690 y 690-2 para las citas, tablas, imágenes y cuadros. Se procesará la magnitud de similitud mediante la herramienta turnitin, para garantizar el nivel máximo de similitud permisible según los lineamientos que la universidad proporcione. Se solicitará autorización para efectuar calicatas en la carretera CU-1516 a la entidad pública correspondiente.

IV. RESULTADOS

Indicador I: Densidad húmeda:

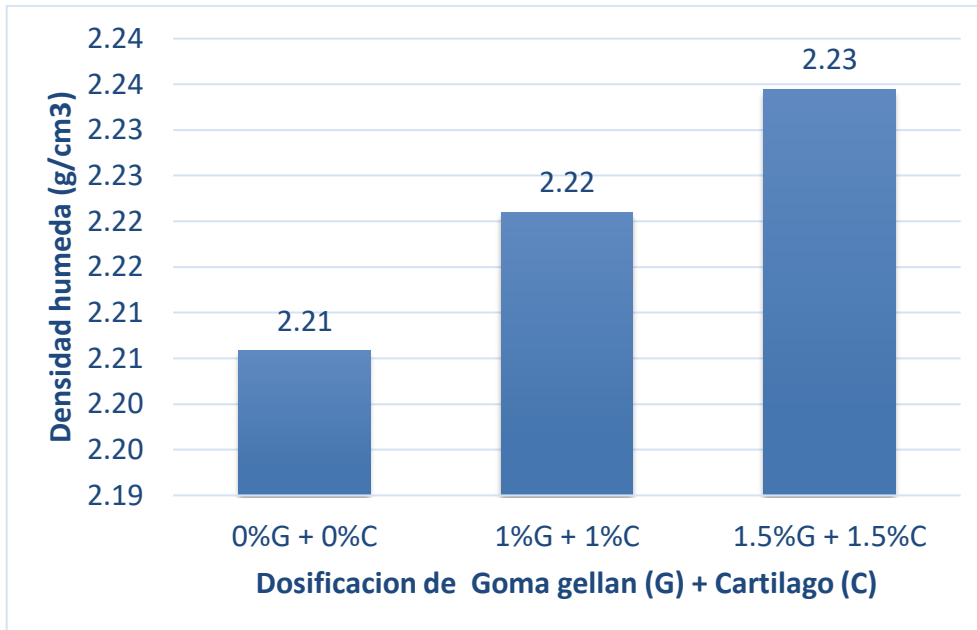


Figura 17: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la densidad húmeda

Fuente: Elaboración propia

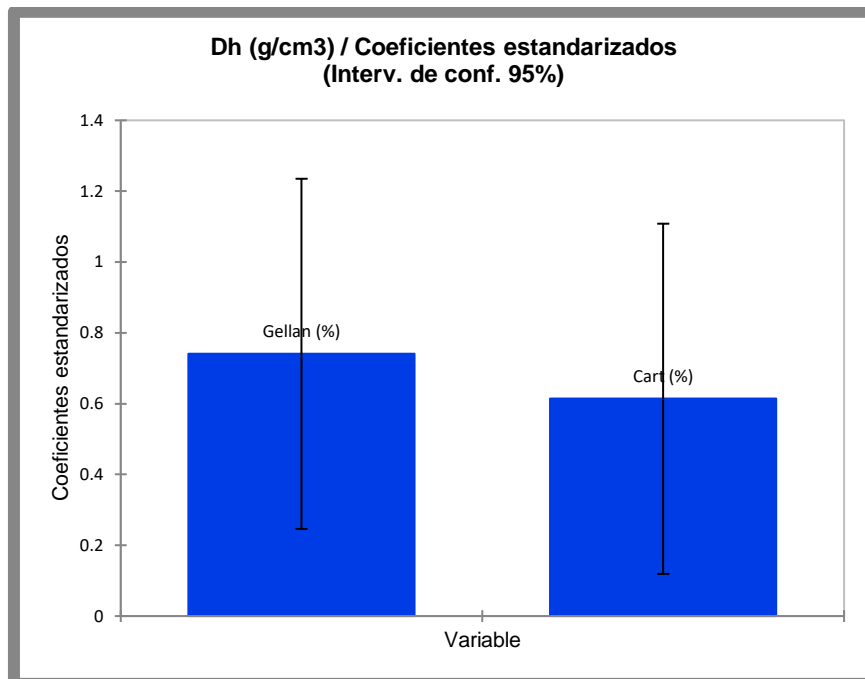


Figura 18: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Densidad Húmeda

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Tabla 19: Coeficientes estandarizados para la Densidad húmeda

Coeficientes estandarizados (Dh (g/cm3)):						
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Gellan (%)	0.741	0.202	3.664	0.011	0.246	1.235
Cart (%)	0.614	0.202	3.036	0.023	0.119	1.108

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Prueba sobre la normalidad para los datos - (Shapiro-Wilk n<30) - (Dh (g/cm3)):

W	0.959
valor-p (bilateral)	0.790
alfa	0.05

Interpretación de la prueba

H0: Los datos de la variable de Densidad Húmeda siguen una distribución Normal.

H1: Los datos de la variable de Densidad Húmeda no siguen una distribución Normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$ (por lo que el nivel confianza es al 95%)

Puesto que el valor-p calculado 0.959 es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0. Entonces la variable de Densidad Húmeda tiene normalidad

Correlación de Pearson

Tabla 20: Matriz de correlaciones – Pearson

Matriz de correlaciones:						
	Gellan (%)	Cart (%)	Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)	Comp. Simp (kg/cm2)	Cohesión (kg/cm2)
Gellan (%)	1	-0.178	0.631	0.331	-0.032	-0.032
Cart (%)	-0.178	1	0.482	0.703	0.925	0.925
Dh (g/cm3)	0.631	0.482	1	0.902	0.572	0.572
Ds (g/cm3)	0.331	0.703	0.902	1	0.805	0.805
Comp. Simp (kg/cm2)	-0.032	0.925	0.572	0.805	1	1.000
Cohesión (kg/cm2)	-0.032	0.925	0.572	0.805	1.000	1

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Existe una prueba estadística para indicar que el cartílago de vacuno tiene una correlación de Pearson positiva media 0.482 y goma gellan mejora la densidad húmeda, porque tiene una correlación de Pearson positiva alta 0.631

Contrastación de hipótesis

Regresión de la variable Dh (g/cm³):

Estadísticos de bondad del ajuste (Dh (g/cm³)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.763

Contrastación de hipótesis

Tabla 21: Análisis de Varianza para la Densidad Húmeda - ANOVA

Análisis de varianza (Dh (g/cm ³)):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.001	0.000	9.646	0.013
Error	6	0.000	0.000		
Total corregido	8	0.001			

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Se determinó el valor del coeficiente de correlación R² y el análisis de la varianza (ANOVA), se construyó el software XLSTAT.

Modelo predictivo matemático de la respuesta de estas variables, se realizó una regresión lineal, lo que proporciona la ecuación de modelo.

Ecuación del modelo Dh (g/cm³):

$$Dh (g/cm^3) = 2.20108087581457 + 1.22407504894224E-02 \times \text{Gellan (\%)} + 1.08554803723067E-02 \times \text{Cart (\%)}$$

Interpretación

Se puede observar según la figura 18 y tabla 21 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la densidad húmeda en 0.61% y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.74% la densidad húmeda como comportamiento general. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de goma gellan, el incremento de la densidad húmeda será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

Indicador II: Densidad seca

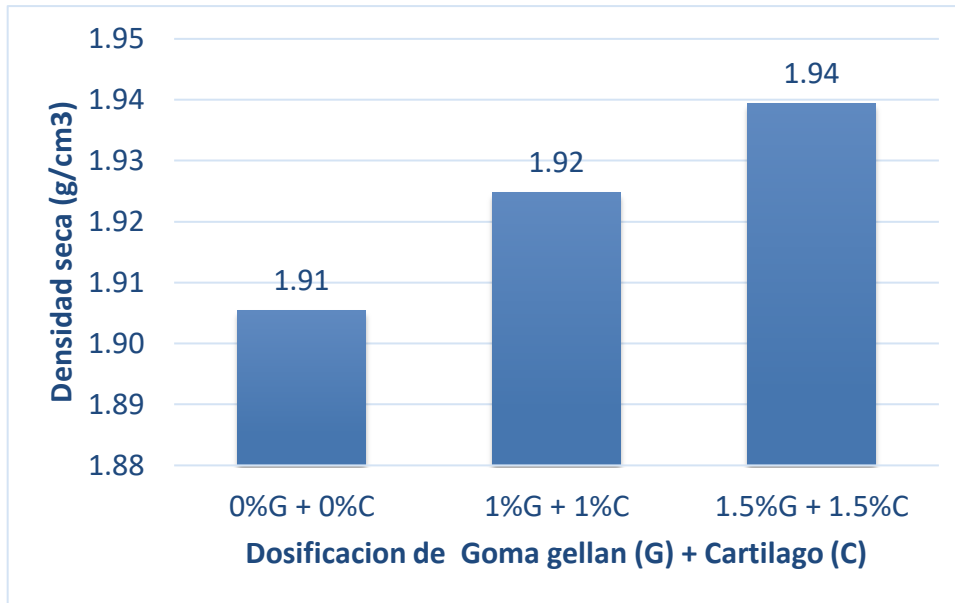


Figura 19: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la Densidad Seca

Fuente: Elaboración propia

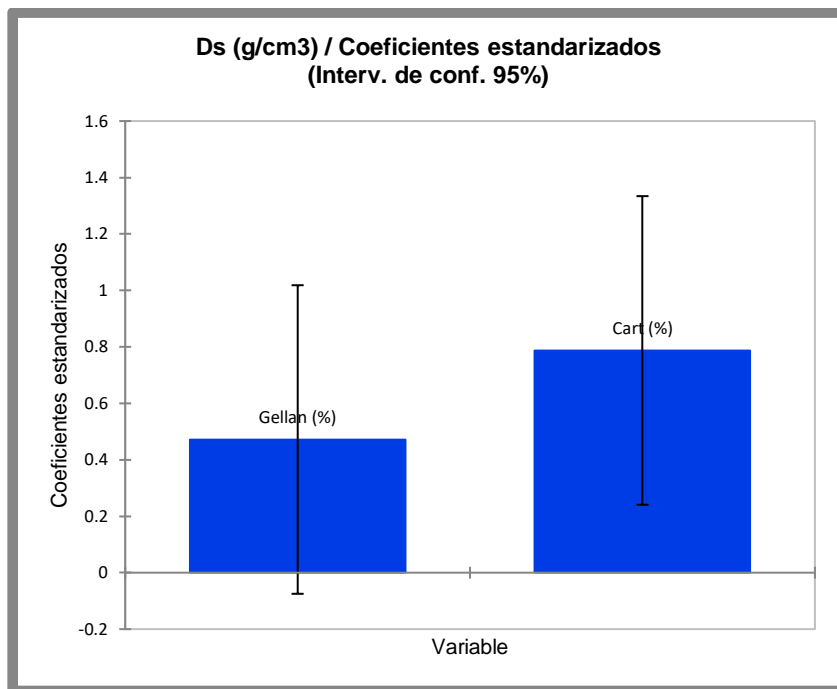


Figura 20: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Densidad Seca

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Tabla 22: Coeficientes estandarizados para la Densidad Seca

Coeficientes estandarizados (Ds (g/cm3)):						
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Gellan (%)	0.472	0.223	2.112	0.079	-0.075	1.018
Cart (%)	0.787	0.223	3.525	0.012	0.241	1.334

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Prueba sobre la normalidad para los datos - (Shapiro-Wilk). (Ds (g/cm3)):

W	0.947
valor-p (bilateral)	0.660
alfa	0.05

Interpretación de la prueba

H0: Los datos de la variable de la Densidad Seca siguen una distribución Normal

H1: Los datos de la variable de la Densidad Seca no siguen una distribución Normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$ (por lo que el nivel confianza es al 95%)

Puesto que el valor-p calculado 0.947 es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0. Entonces la variable de Densidad seca tiene normalidad

Correlación de Pearson

Según la tabla 23 existe una prueba estadística para indicar que el cartílago de vacuno tiene una correlación de Pearson positiva alta 0.703 y goma gellan tiene una correlación de Pearson positiva baja 0.331.

Regresión de la variable Ds (g/cm3):

Estadísticos de bondad del ajuste (Ds (g/cm3)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.710

Contrastación de hipótesis

Tabla 23: Análisis de Varianza para la Densidad Seca - ANOVA

Análisis de varianza (Ds (g/cm ³)):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.001	0.001	7.348	0.024
Error	6	0.001	0.000		
Total corregido	8	0.002			

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Se determinó el valor del coeficiente de correlación R² y el análisis de la varianza (ANOVA), se construyó la superficie de respuesta usando el software XLSTAT.

Modelo predictivo matemático de la respuesta de estas variables, se realizó una regresión lineal, lo que proporciona la ecuación de modelo.

Ecuación del modelo Ds (g/cm³):

$$Ds \text{ (g/cm}^3\text{)} = 1.89893367369853 + 1.05484421472145E-02 \times \text{Gellan (\%)} + 1.88396735927739E-02 \times \text{Cart (\%)}$$

Interpretación

Se puede observar según la figura 20 y tabla 24 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la densidad seca en 0.79 % y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.47% la densidad seca como comportamiento general. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de cartílago de vacuno, el incremento de la densidad seca será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

Indicador III: Cohesión:

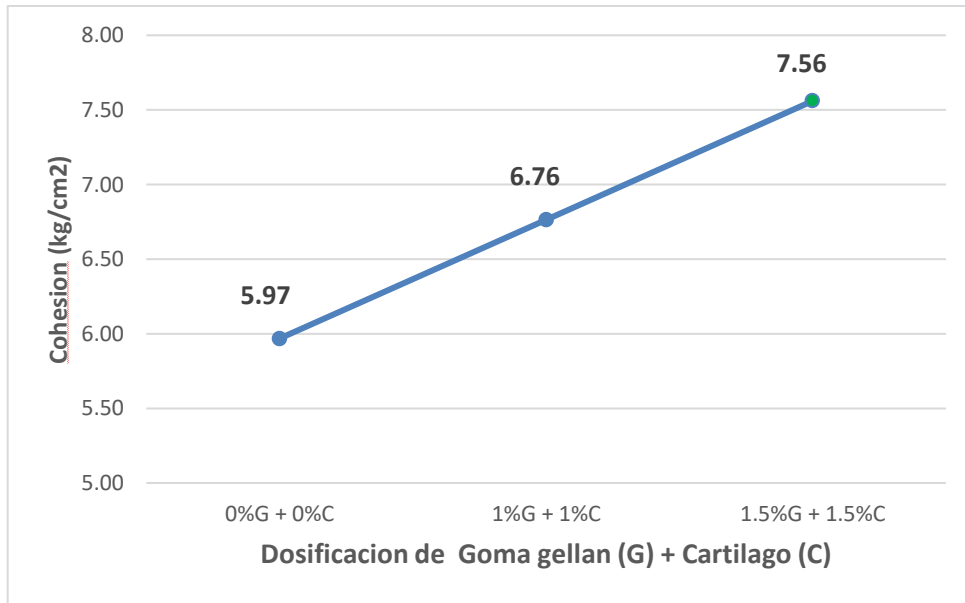


Figura 21: Grafica de Dosificaciones de Cartilago de vacuno y goma gellan para conocer la cohesión

Fuente: Elaboración propia

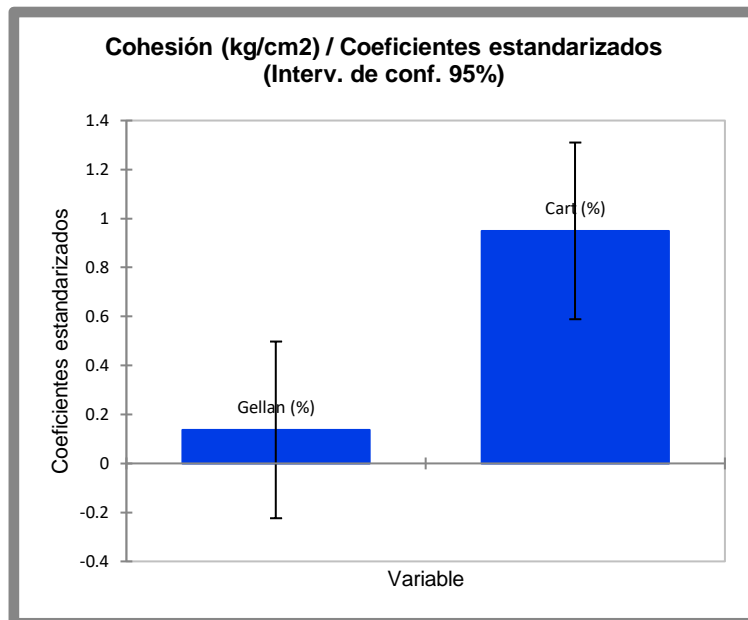


Figura 22: Efecto del cartilago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Cohesión

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Tabla 24: Coeficientes estandarizados para la Cohesión

Coeficientes estandarizados (Cohesión (kg/cm ²)):						
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Gellan (%)	0.137	0.147	0.929	0.389	-0.224	0.498
Cart (%)	0.949	0.147	6.441	0.001	0.589	1.310

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Prueba sobre la normalidad para los datos (Shapiro-Wilk) - (Cohesión (kg/cm²))

W	0.947
valor-p (bilateral)	0.662
alfa	0.05

Interpretación de la prueba

H0: Los datos de la variable Cohesión siguen una distribución Normal.

H1: Los datos de la variable Cohesión no siguen una distribución Normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$ (por lo que el nivel confianza es al 95%)

Puesto que el valor-p calculado 0.947 es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0. Entonces la variable de cohesión tiene normalidad.

Correlación de Pearson

Según la tabla 23 existe una prueba estadística para indicar que el cartílago de vacuno tiene una correlación de Pearson positiva alta 0.925 y goma gellan tiene una correlación de Pearson negativa baja -0.032.

Regresión de la variable Cohesión (kg/cm²):

Estadísticos de bondad del ajuste (Cohesión (kg/cm²)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.874

Contrastación de hipótesis

Tabla 25: Análisis de Varianza para la Cohesión -ANOVA

Análisis de varianza (Cohesión (kg/cm ²)):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	4.181	2.090	20.767	0.002
Error	6	0.604	0.101		
Total corregido	8	4.785			

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Se determinó el valor del coeficiente de correlación R² y el análisis de la varianza (ANOVA), se construyó usando el software XLSTAT.

Modelo predictivo matemático de la respuesta de estas variables, se realizó una regresión lineal, lo que proporciona la ecuación de modelo.

Ecuación del modelo Cohesión (kg/cm²):

$$\text{Cohesión (kg/cm}^2\text{)} = 5.48556172065225 + 0.160115636913375 \times \text{Gellan (\%)} + 1.18805802589725 \times \text{Cart (\%)}$$

Interpretación

Se puede observar según la figura 22 y tabla 26 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la cohesión en 0.95 % y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.14% la densidad húmeda como comportamiento general. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de cartílago de vacuno, el incremento de la cohesión será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

Indicador IV: Compresión Simple:

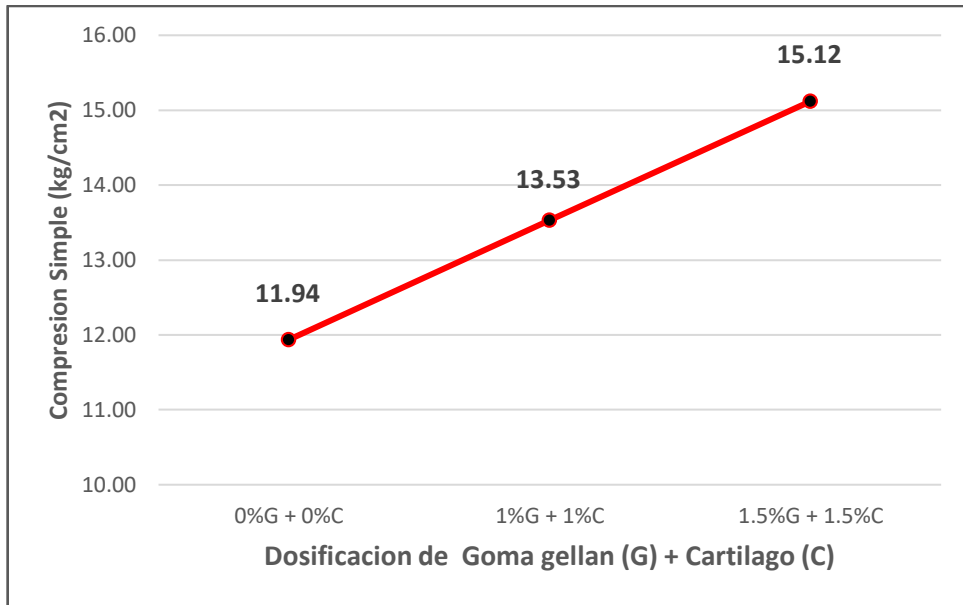


Figura 23: Grafica de Dosificaciones de Cartílago de vacuno y goma gellan para conocer la compresión simple.

Fuente: Elaboración propia

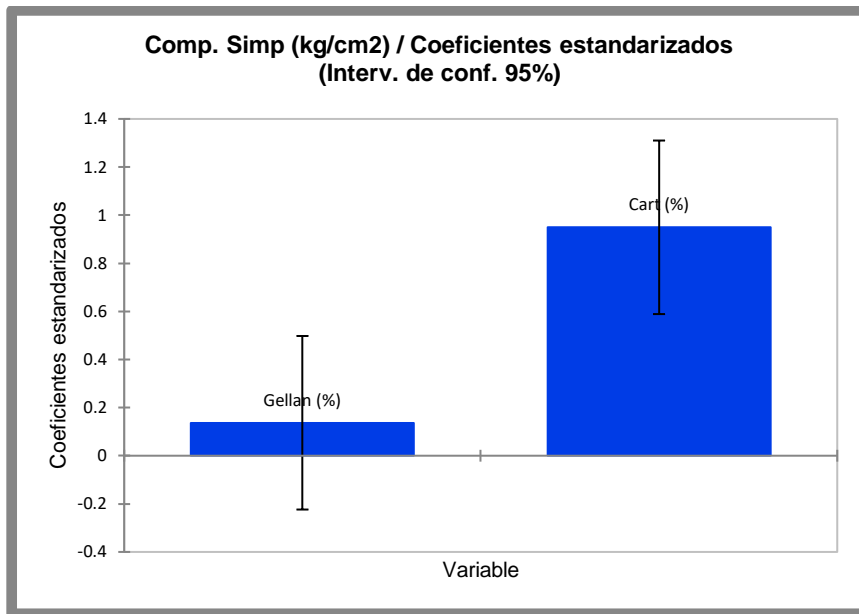


Figura 24: Efecto del cartílago de vacuno y goma gellan como comportamiento general en la Compresión Simple

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Tabla 26: Coeficientes estandarizados para la Compresión Simple

Coeficientes estandarizados (Comp. Simp (kg/cm2)):						
Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Gellan (%)	0.137 *	0.147	0.929	0.389	-0.224	0.498
Cart (%)	0.949 *	0.147	6.441	0.001	0.589	1.310

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Prueba sobre la normalidad (Shapiro-Wilk). (Comp. Simp (kg/cm2))

W	0.947
valor-p (bilateral)	0.662
alfa	0.05

Interpretación de la prueba

H0: Los datos de la variable Compresión Simple siguen una distribución Normal

H1: Los datos de la variable Compresión Simple no siguen una distribución Normal.

Nivel de significancia: $\alpha = 0.05 = 5\%$ (por lo que el nivel confianza es al 95%)

Puesto que el valor-p calculado 0.947 es mayor que el nivel de significación $\alpha=0.05$, no se puede rechazar la hipótesis nula H0. Entonces la variable de compresión simple tiene normalidad.

Correlación de Pearson

Según la tabla 23 existe una prueba estadística para indicar que el cartílago de vacuno tiene una correlación de Pearson positiva alta 0.925 y goma gellan tiene una correlación de Pearson negativa baja -0.032.

Regresión de la variable Comp. Simp (kg/cm2):

Estadísticos de bondad del ajuste (Comp. Simp (kg/cm2)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.874

Contrastación de hipótesis

Tabla 27: Análisis de Varianza para la Compresión Simple - Anova

Análisis de varianza (Comp. Simp (kg/cm ²)):					
Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	16.723	8.361	20.767	0.002
Error	6	2.416	0.403		
Total corregido	8	19.138			

Fuente: Elaboración propia en XLSTAT

Se determinó el valor del coeficiente de correlación R² y el análisis de la varianza (ANOVA), se construyó la superficie de respuesta usando el software XLSTAT.

Modelo predictivo matemático de la respuesta de estas variables, se realizó una regresión lineal, lo que proporciono la ecuación de modelo.

Ecuación del modelo Cohesión (kg/cm²):

$$\text{Cohesión (kg/cm}^2\text{)} = 5.48556172065225 + 0.160115636913375 \times \text{Gellan (\%)} + 1.18805802589725 \times \text{Cart (\%)}$$

Interpretación

Se puede observar según la figura 24 y tabla 28 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la compresión simple en 0.95 % y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.14% la densidad húmeda como comportamiento general. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de cartílago de vacuno, el incremento de la compresión simple será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

V. DISCUSIÓN

Indicador I: Densidad húmeda

En la figura 17 se observa que la densidad húmeda en la muestra natural del suelo es 2.21 g/cm^3 ; así como también puede observar según la figura 18 y tabla 21 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la densidad húmeda en 0.61% y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.74% la densidad húmeda como comportamiento general respecto a la muestra patrón. La muestra patrón presenta una Dh promedio de 2.21 g/cm^3 y al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C genero la el incremento progresivo de la densidad húmeda en 0.69% y 1.30% respectivamente. Según Córdova y Loayza (2022); en su trabajo de investigación llego a la conclusión que la adición de Biorresiduos de camal y avícola influye en la densidad húmeda reduciéndola a 2.05 gr/cm^3 (sangre de res) y a 2.11 gr/cm^3 (sangre de pollo), siendo 2.26 gr/cm^3 la densidad húmeda del suelo natural, esto se logró con la dosificación optima de 4%. Mientras tanto en este estudio investigación, debido a que las dosificaciones se realizaron de acuerdo al diseño factorial fraccionado. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la presente investigación, debido a que las dosificaciones de la adición de Cartílago de vacuno y goma gellan se realizaron de acuerdo al diseño factorial. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de goma gellan, el incremento de la densidad húmeda será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

Indicador II: Densidad Seca

En la figura 19 se observa que la densidad seca en la muestra natural del suelo es 1.91 g/cm^3 ; así mismo se observa según la figura 20 y tabla 24 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la densidad seca en 0.79 % y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.47% la densidad húmeda como comportamiento general respecto a la muestra patrón del suelo. La muestra patrón presenta una Ds promedio de 1.91 g/cm^3 y al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C genero el incremento progresivo de la densidad seca en 1.02% y 1.78% respectivamente. Según Córdova y Loayza (2022); en su trabajo de investigación la densidad seca inicial fue de 1.98 gr/cm^3 en la muestra patrón del suelo natural, determino que la dosificación más óptima es 6% de Biorresiduos de camal (sangre de res) para disminuir la densidad seca a

1.83 gr/cm³. Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la presente investigación, debido a que las dosificaciones de la adición de Cartílago de vacuno y goma gellan se realizaron de acuerdo al diseño factorial. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de cartílago de vacuno, el incremento de la densidad seca será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

Indicador III: Cohesión

En la figura 21 se observa que la cohesión en la muestra natural del suelo es 5.97 kg/cm² con la dosificación de 1.5% de cada adiconante la cohesión se incrementó a 7.56 kg/cm²; así mismo se observa según la figura 22 y tabla 26 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la cohesión en 0.95 % y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.14% la densidad húmeda como comportamiento general respecto a la muestra patrón del suelo. La muestra patrón presenta una Cohesión promedio de 5.97 kg/cm² y al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C genero la el incremento progresivo de la cohesión en 13.33% y 26.67% respectivamente. Mohamed, *et al* (2017) como resultado obtuvo que el potencial colapsable se ha redujo del 9 % al 1 % después de mezclar el suelo con una concentración de biopolímero del 2 % en el caso húmedo. Después de una semana de curado, la cohesión aumentó de 8,5 kPa (0.087 kg/cm²) a 105 kPa (1.07 kg/cm²) al aumentar la concentración de goma xantana de cero a 2 %, lo que llevo a elevar en el suelo la resistencia al corte. Córdova y Loayza (2022), en su estudio determino que influye la adición de Biorresiduos de camal (sangre de res) en la cohesión del suelo aumentándola a 11.00 kg/cm² siendo la cohesión inicial de 3.28 kg/cm². Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la presente investigación, debido a que las dosificaciones de la adición de Cartílago de vacuno y goma gellan se realizaron de acuerdo al diseño factorial. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de cartílago de vacuno, el incremento de la cohesión será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

Indicador IV: Compresión Simple

En la figura 23 se observa que la compresión simple en la muestra natural del suelo es 11.94 kg/cm²; con la dosificación optima de 1.5% de cada adiconante la compresión simple se incrementó a 15.12 kg/cm²; así mismo se observa

según la figura 24 y tabla 28 que, al añadir cartílago de vacuno a la muestra del suelo natural, se eleva la compresión simple en 0.95 % y con respecto a la goma gellan se eleva en 0.14% la densidad húmeda como comportamiento general respecto a la muestra patrón del suelo. Manoj, N., et al (2021) obtuvo como resultado que la resistencia a la compresión del suelo blando aumenta hasta un 5 % con la adición de plumas de pollo y la fuerza de compresión del suelo blando disminuye a medida que aumenta la cantidad de plumas de pollo aumentan. La muestra patrón presenta una C_s promedio de 2.21 kg/cm² y al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C genero la el incremento progresivo de la compresión simple en 13.33% y 26.67% respectivamente. Córdova y Loayza (2022), en su estudio determino que influye la adición de Biorresiduos de camal (sangre de res) en la compresión simple aumentando su resistencia a 21.99 kg/cm² desde una resistencia inicial a la compresión simple de 6.56 kg/cm². Estos resultados son diferentes a los obtenidos en la presente investigación, debido a que las dosificaciones de la adición de Cartílago de vacuno y goma gellan se realizaron de acuerdo al diseño factorial. Lo que quiere decir a mayor incremento de % de cartílago de vacuno, el incremento de la resistencia a la compresión simple será mayor, lo que la hace la variable más influyente.

VI. CONCLUSIONES

- En esta investigación se evaluó el efecto que tiene el cartílago de vacuno con goma gellan en la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso, que al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C genero el incremento progresivo de la densidad húmeda en 0.69% y 1.30% respectivamente, siendo 2.21 g/cm³ la densidad de la muestra patrón.
- Se determino el efecto que tiene el cartílago de vacuno con goma gellan en la densidad seca para la estabilización del suelo limoso generando un incremento progresivo de la densidad seca en 1.02% y 1.78% al añadirle 1%G+1% y 1.5%G+1.5%C respectivamente, siendo la densidad seca inicial de 1.91 g/cm³.
- Se establecido que la influencia de la incorporación de cartílago de vacuno con goma gellan a la cohesión del suelo limoso para estabilizarlo, fue incrementar la cohesión en 13.33% y 26.67% respectivamente, al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C, siendo la compresión simple inicial es de 2.21 kg/cm².
- Se ha definido que la influencia de la incorporación de cartílago de vacuno con goma gellan, fue incrementar progresivamente la compresión simple en 13.33% y 26.67% respectivamente al añadirle 1%G+1%C y 1.5%G+1.5%C, siendo la Cs promedio inicial de 2.21 kg/cm².
- Finalmente en esta investigación la adición de cartílago de vacuno y goma gellan tiene una gran influencia sobre las propiedades físicas y mecánicas del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022, siendo la variable más influyente el cartílago de vacuno.

VII. RECOMENDACIONES

- Para las próximas investigaciones se sugiere emplear mayor incremento de % de goma gellan, porque presento mayor influencia con respecto a la densidad humedad del suelo para arraigar las propiedades físicas.
- Se sugiere emplear mayor incremento de % de cartílago de vacuno para estabilizar suelos limosos, debido a que presento mayor influencia con respecto a la densidad seca del suelo para arraigar sus propiedades físicas.
- Se sugiere emplear mayor incremento de % de cartílago de vacuno para aumentar la cohesión, así como también la comprensión de suelos limosos.
- Para mayor optimización de la extracción de colágeno del cartilago se recomienda el uso de ácido acético ($\text{CH}_3\text{-COOH}$), en función de la temperatura, para facilitar el proceso de molienda.
- Continuar con la investigación, evaluando la posibilidad de reusar otros Biorresiduos ya sean de origen animal o vegetal, así mismo se lograría generar una economía circular, es decir los residuos pueden reingresar al sistema productivo como recurso lo que generaría asu vez un crecimiento sostenible en el tiempo.

REFERENCIAS

ARCHANA; Priyanka A.; , Pranav S. (2019) Goma guar: Polímero natural versátil para aplicaciones de administración de fármacos. Revista europea de polímeros , 2019, vol. 112, pág. 722-735 ISSN 1316-5917. CORRAL, Yadira. [En línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2022].. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0014305718313995>

ARIAS, Fidas G. El proyecto de la investigación - Introducción a la Metodología Científica. 6a Edición. Caracas. EDITORIAL EPISTEME, 2012 C.A. ISBN 980-07-8529-9 Disponible en:

BRITOS, Raúl. Marco teórico. Dosificación de Proteínas en la Clara de huevo. [En línea]. [Fecha de consulta: 01 de febrero de 2022]. Disponible en: http://aulas.uruguayeduca.edu.uy/pluginfile.php/178860/mod_resource/content/1/Dosificaci%C3%B3n%20de%20prote%C3%ADnas%20en%20huevo.pdf
http://aulas.uruguayeduca.edu.uy/pluginfile.php/178860/mod_resource/content/1/Dosificaci%C3%B3n%20de%20prote%C3%ADnas%20en%20huevo.pdf

CABEZAS M, Edison Damian, ANDRADE N, Diego y TORRES S, Johanna. 2018. Introducción a la metodología de la investigación científica. [ed.] David Andrade Aguirre. 2018. [En línea]. [fecha de consulta: 06 de febrero de 2022] Disponible en <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/handle/21000/15424>

CACERES, Hugo. Investigación científica - Quito. Ediciones Abya - Ayala, 2000. pág. 70.

COHEN, Néstor; GÓMEZ ROJAS, Gabriela. Metodología de la investigación, ¿para qué?. Editorial Teseo, 2019. [En línea]. [fecha de consulta: 14 de febrero de 2022] Disponible en <https://www.teseopress.com/metodologiadelainvestigacion/>

CÓRDOVA, Lisbeth y LOAYZA, Alex D. Adición de Biorresiduos de camal y avícola para mejorar las propiedades de la subrasante de la carretera CU-1110-San Sebastián, Cusco 2021. Tesis (Ingeniero Civil) Lima. Universidad Cesar

Vallejo, Peru 2021. Disponible en:
<https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/88851>

CRESPO VILLALAZ, Carlos. Vías de comunicación: caminos, ferrocarriles, aeropuertos, puentes y puertos. 2002. Tercera Edición. Mexico LIMUSA Noriega Editores, 2004. [En línea]. [fecha de consulta: 16 de enero de 2022]. Disponible en <http://www.sidalc.net/cgi-bin/wxis.exe/?IsisScript=uccma.xis&method=post&formato=2&cantidad=1&expresion=mfn=002684>

DAS, Braja M. Principios de ingeniería de cimentaciones. 4ª. [En línea]. Edición, Ed. Thomson. México, 2001. [fecha de consulta: 18 de febrero de 2022] Disponible en https://www.academia.edu/18553128/Principios_De_Ingenier%C3%ADa_De_Cimentaciones_Braja_M_Das_4ta_Edici%C3%B3n

DE LA CUESTA, Marta. Presentación: La economía circular: una opción inteligente. Dossieres EsF, 2020, no 37, p. 4-6. [En línea]. [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=7328709>

DEHGHAN, Hasan, et al. Uso de las gomas xantana y guar en el fortalecimiento de suelos. Tecnologías Limpias y Política Ambiental , 2019, [en línea]. vol. 21, nº 1, pág. 155-165. [Fecha de consulta: 30 de marzo de 2022]. Disponible en <https://doi.org/10.1007/s10098-018-1625-0>

DELGADO-DE LA TORRE, Daniel, y otros. 2018. Determinación del módulo elástico del concreto hidráulico a la edad de 14 días, para un $f'c = 150 \text{ kg / cm}^2$, $f'c = 200 \text{ kg / cm}^2$, $f'c = 250 \text{ kg / cm}^2$ y $f'c = 300 \text{ kg / cm}^2$. Con agregados petreos del Municipio de Técpan de Galeana, Guerrero. 4, Junio de 2018, Revista de Ingeniería Civil, Vol. 2, págs. 8-15.

ELSEVIER. Por Elsevier Connect. Tipos de cartílago: características, localización y pericondrio [en línea]. [fecha de consulta: 18 de marzo de 2022]. Disponible en <http://www.elsevier.com/es-es/connect/medicina/edu-histologia-tipos-de-cartilago-caracteristicas>

GARIBAY, María Teresa, et al. Incorporación de las TICs en la asignatura “Geología y Geotecnia”-UNR. En Proceedings of International Conference on Engineering and Computer Education. 2014. Disponible en: <https://proceedings.copec.eu/index.php/icece/article/view/2329/2228>

GEOSEISMIC. [En línea] 20 de setiembre de 2017. Disponible en: www.geoseismic.cl/calicatas/.

GOBIERNO de Argentina. Argentina.gob.ar. Argentina Unida. Disponible en: <https://www.argentina.gob.ar/ambiente/economia-circular>.

GÓMEZ, S. Metodología de la Investigación. Mexico: Ma. Eugenia Buendia Lopez. Primera Edición: 2012, vol. 23. ISBN 978-607-733-149-0 [En línea] 2020. [Fecha de consulta: 10 de febrero 2022]. Disponible en: <https://docer.com.ar/doc/nx5808>

HENAO, Valentina; BARRIOS DE HOYOS, Aylén Mileth. Evaluación del potencial uso de residuos de construcción y demolición en estabilización de arcillas limosas (CL). Envigado: Universidad EIA, 2021. Tesis (Ingeniero Civil). Disponible en <http://repository.eia.edu.co/handle/11190/4069>

HUAMANI Champi José. Reúso de desechos como biopolímeros para mejorar las propiedades mecánicas y físicas del suelo limoso de subrasante en Uvima, Cusco, tesis (Maestro en Ingeniería Civil) mención: Geotecnia y Vías Terrestres.. Universidad Nacional De San Antonio Abad Del Cusco, 2021.

INSOLIT Beauty. [En línea] Setiembre-octubre 2018. [Fecha de consulta: 14 de febrero 2022]. Disponible en <https://www.insolitbeauty.com/glosario-ingredientes/goma-xantana/>.

INSTITUTO Europeo de Dermocosmética. 2020. Instituto de Dermocosmética. Goma Xhantan. [En línea] Disponible en <https://www.institutodermocosmetica.com/wp-content/uploads/2020/01/goma-xanthan.pdf>.

INSTITUTO nacional del cáncer - NIH. Cartílago (bovino y de tiburón) (PDQ®)– Versión para pacientes. NIH. [En línea] [Fecha de consulta: 07 de febrero

2022]. Disponible en:
https://www.cancer.gov/espanol/cancer/tratamiento/mca/pro/cartilago-pdq#section_3.5.

KAPLAN, David L. Introduction to biopolymers from renewable resources. En Biopolymers from renewable resources. [En línea] Springer link, Berlin, Heidelberg, 1998. p. 1-29. ° 3. [Fecha de consulta: 06 de marzo de 2022]. Disponible en https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-662-03680-8_1
ISBN : 978-3-642-08341-9

LA ULTIMA RESISTENCIA. Estabilizacion de suelos para pavimentos 2022 [En línea]. [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2022]. disponible en: <https://lultimaresistencia.weebly.com/uploads/6/8/2/7/6827657/35580425-estabilizacion-de-suelos.pdf>.

LLANQUE A, Rosemary Janneth. Melhoría de solos com fibras provenientes da indústria avícola. Tesis (doctorado) Brasilia: Universidad de Brasilia, Brasil. (2020). Disponible en: https://repositorio.unb.br/bitstream/10482/39392/1/2020_RosemaryJannethLlanqueAyala.pdf

LLORENS Duran, Josep. Estudio geotécnico. 2011.El terreno y el estudio geotécnico s.l. : UPC, 2007, pág. 16. En línea]. [Fecha de consulta: 27 de febrero de 2022]. disponible en: https://www.researchgate.net/publication/351878844_El_Terreno_y_el_estudio_geotecnico

LOANNIS Giavasis, Linda M. Harvey y Brian McNeil (2000) Gellan Gum, Critical Reviews in Biotechnology, 20:3, 177-211, DOI: 10.1080/07388550008984169 [Fecha de consulta: 28 de mayo de 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07388550008984169>.

LÓPEZ Contreras Johan L y TUFINO Bernuy William K. Relación agua/cementante para mejorar las propiedades de los concretos fluidos premezclados de alta resistencia, 2020 s.l. : Uson. págs. 8-26. [Fecha de consulta: 28 de febrero de 2022]. Disponible en: <https://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/3659>

LOPEZ, Griselda. Ensayos de compactación en carreteras: Proctor Normal y Modificado 2020. [En línea]. [fecha de consulta: 16 de marzo de 2022]. Disponible en <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/139866/L%c3%b3pez%20-%20Ensayos%20de%20compactaci%c3%b3n%20en%20carreteras%3a%20Proctor%20Normal%20y%20Modificado.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

MANOJ, N., et al. Stabilization of soft soil using chicken feathers as biopolymer. *Int. J. Civ. Eng. Technol*, 2017, [en línea] vol. 8, no 4, p. 2021-2026 [Fecha de consulta: 25 de febrero del 2022]. Disponible en línea en https://www.researchgate.net/profile/Hanumantharao-Chappidi-2/publication/317042583_Stabilization_of_soft_soil_using_chicken_feathers_a_biopolymer/links/5922c2d2a6fdcc4443f6e746/Stabilization-of-soft-soil-using-chicken-feathers-as-biopolymer.pdf

MARTÍNEZ Quiroz, Enrique N. Manual de mecánica de suelos I. s.l. : Universidad Nacional San Marcos. Perú., 2003. En línea] [Fecha de consulta: 22 de enero 2022]. Disponible en: https://www.academia.edu/24659367/Enrique_Napole%C3%B3n_Mart%C3%A9nez_Quiroz

MINISTERIO de Economía y Finanzas (Perú). Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras. [ed.] Sistema Nacional de Inversión Pública. Biblioteca Nacional del Perú N° 2015-02690. 2015. pág. 110. Vol. 1.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones - Manual de Ensayo de Materiales 2016. Mayo 2016. págs. 248,249.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones - Manual de Ensayo de Materiales. Edición mayo de 2016 - Análisis Granulométrico (Perú). pág. 54-Perú.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú) - Manual de Carreteras 2013. Suelos, Geotecnia, Geología y Pavimentos.

MINISTERIO de Transportes y Comunicaciones (Perú). Manual de carreteras: Diseño Geométrico. Lima : s.n., 2018. págs. 12,13,14.

MOHAMED, Abdelazim, et al. (2017) Enhancing mechanical behaviors of collapsible soil using two biopolymers. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 2017, vol. 9, no 2, p. 329-339. [Fecha de consulta: 25 de febrero de 2022]. Disponible en: [//reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1674775516302736?token=5BEBEDF67D2F4BEA1138F21BFDA7361BF2A8C27E6C8BC67D2E7D208929E072B4BE220BF4B86755F9EE4FE88CE3D2AF44&originRegion=us-east-1&originCreation=20220601061930](https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S1674775516302736?token=5BEBEDF67D2F4BEA1138F21BFDA7361BF2A8C27E6C8BC67D2E7D208929E072B4BE220BF4B86755F9EE4FE88CE3D2AF44&originRegion=us-east-1&originCreation=20220601061930)

MONJE A, C. A. Metodología de la investigación cuantitativa y cualitativa: Guía didáctica. 2011. [En línea] [Fecha de consulta: 28 de enero 2022]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/Sadymar11/monje-carlos-arturo-gua-didctica-metodologa-de-la-investigacin>

MONTGOMERY, Douglas C.; PECK, Elizabeth A.; VINING, G. Geoffrey. Introduction to linear regression analysis. John Wiley & Sons, 2021., . [En línea] [Fecha de consulta: 19 de febrero 2022]. Disponible en: <https://www.amazon.com/-/es/Douglas-C-Montgomery/dp/0470542810>

NAMAKFOROOSH, Mohammad Naghi. Metodología de la investigación. Editorial Limusa, 2000. [En línea] [Fecha de consulta: 19 de febrero 2022]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=ZEJ7-0hmvhwC&oi=fnd&pg=PA283&dq=NAMAKFOROOSH,+M.+N.+2014.+METODOLOGIA+DE+LA+INVESTIGACION.+MEXICO&ots=i17By1SbZX&sig=u2DOWaRWZfVVGLiURf0OYh0E1kg#v=onepage&q&f=false>

NESTERENKO, Darko. Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú. En I Congreso Internacional de Ingeniería y Dirección de Proyectos III Congreso Regional IPMA-LATNET. Lima: Universidad de Piura, 2017. Tesis (Ingeniero Civil). Disponible en: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3981>

OCETE Ruiz, Isidro, y otros. 2012. La densidad seca como propiedad índice de los suelos para la determinación del grado de estabilidad en taludes y laderas.

2012, Geotecnia del sur, pág. 12. [En línea] [Fecha de consulta: 24 de enero 2022]. Disponible en: http://www.geotecnicadelsur.com/wp-content/uploads/2012/10/La-densidad-seca-como-propiedad-_ndice-de-los-suelos-para-_.pdf

QUEEN, Jerry P.; QUINN, Gerry P.; KEOUGH, Michael J. Experimental design and data analysis for biologists. Cambridge university press, 2002. . [En línea] [Fecha de consulta: 09 de enero de 2022].. Disponible en: <https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=VtU3-y7LaLYC&oi=fnd&pg=PR15&dq=Quinn,+Gerry+y+Keough,+Michael.+2002.+Experimental+Design+and+Data+Analysis+for+Biologists.+Cambridge+:+Cambridge+University+Press,+2002.&ots=cBsp3BoreD&sig=IBfNQLtpULcP2UvNRgiGv7Fm9bA#v=onepage&q=Quinn%2C%20Gerry%20y%20Keough%2C%20Michael.%202002.%20Experimental%20Design%20and%20Data%20Analysis%20for%20Biologists.%20Cambridge%20%3A%20Cambridge%20University%20Press%2C%202002.&f=false>

REGLAMENTO Nacional De Edificaciones - Norma CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes. Suelos y Taludes. pág. 8.

RELACION AGUA – CEMENTANTE [en línea]. [fecha de consulta: 18 de mayo de 2022] CAPITULO 2: Eliminación de Cao, que se desprende de la hidratación del cemento. Disponible en <http://tesis.uson.mx/digital/tesis/docs/8650/Capitulo2.pdf>

REVISTA ciencias de la educación, Validez y confiabilidad de los instrumentos para la recolección de datos. 2009, no 33, p. 228-247. . ISSN 1316-5917. CORRAL, Yadira. [En línea] [Fecha de consulta: 04 de marzo de 2022].. Disponible en: <http://servicio.bc.uc.edu.ve/educacion/revista/n33/art12.pdf>

REVISTA científica. [En línea] GARCÍA, Américo José Hossne; CAMPOS, Héctor José Cedeño. Comparación de tres métodos para determinar densidad aparente y solidez en tres suelos franco arenosos de sabana. Revista científica UDO agrícola, 2012, vol. 12, no 4, p. 861-872. [Fecha de consulta: 24 de febrero 2022]. Disponible en https://scholar.google.es/scholar?hl=es&as_sdt=0%2C5&q=GARC%C3%8DA

%2C+Am%C3%A9rico+Jos%C3%A9+Hossne%3B+CAMPOS%2C+H%C3%A9ctor+Jos%C3%A9+Cede%C3%B1o.+Comparaci%C3%B3n+de+tres+m%C3%A9todos+para+determinar+densidad+aparente+y+solidez+en+tres+suelos+franco+arenosos+de+sabana.+Revista+cient%C3%ADfica+UDO+agr%C3%ADcola%2C+2012%2C+vol.+12%2C+no.+4%2C+p.+861-872.&btnG

SHUAN, Basurto, 2019. Guía de laboratorio, Limite líquido, limite plástico e Índice plástico, [en línea], [fecha de consulta: 17 de marzo de 2022]. Disponible en <http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%20OPERATIVOS/S1.5%20Limite%20liquido%20y%20limite%20plastico%20LMS-FIC-UNI.pdf>

SUSTANTPERU. Las ciudades sostenibles en Perú. 2019. Disponible en: <http://www.sustantperu.com/blog/articulos/113-promover-ciudades-sostenibles-en-peru.html>

TECNICAS de control metrológico. 2017. tcm. tecnicas de control metrológico. [En línea] 17 de Enero de 2017. Disponible en: <https://www.tcmetrologia.com/blog/disenio-de-experimentos-2/>.

TERRONES C, Andrea T. 2019. Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo – 2018. s.n., 2019. Tesis (Ingeniero Civil). Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería Civil. Trujillo. Perú. Disponible en: <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14971>

UNIVERSIDAD de Alcala. ChemEvol. Biopolimeros. Dr. César r-Salván y Dra. Menchu Adánez. Departamento de Biología de Sistemas. Facultad de Medicina (UAH). En línea] Disponible en [https://chemevol.web.uah.es/wp/biopolimeros/#:~:text=Entendemos%20por%20biopol%C3%ADmeros%20las%20grandes,polisac%C3%A1ridos%20\(pol%C3%ADmeros%20de%20az%C3%BAcares\).](https://chemevol.web.uah.es/wp/biopolimeros/#:~:text=Entendemos%20por%20biopol%C3%ADmeros%20las%20grandes,polisac%C3%A1ridos%20(pol%C3%ADmeros%20de%20az%C3%BAcares).)

ANEXOS

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

Tabla 28: Matriz de consistencia

ANEXO 1: Matriz de consistencia					
Título: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YURISQUE, CUSCO, 2022"					
Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables	Dimensiones	Indicadores
Problema General:	Objetivo general:	Hipótesis general:	VARIABLE INDEPENDIENTE		
¿Cómo influye el cartilago de vacuno con goma gellan para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022?	Evaluar la influencia del cartilago de vacuno con goma gellan para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022	El cartilago de vacuno con goma gellan influye favorablemente en la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022	cartilago de vacuno con goma gellan	dosificación	Dosis de cartilago de vacuno en reemplazo de suelo (0-1%)
					Dosis de goma (0-1%)
				características técnicas	cartilago de vacuno
					goma gellan
Problemas Específicos:	Objetivos específicos:	Hipótesis específicas:	VARIABLE DEPENDIENTE	dimensiones	Indicadores
¿Qué efecto tiene el cartilago de vacuno con goma gellan en la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022?	Evaluar el efecto que tiene el cartilago de vacuno con goma gellan en la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022	El cartilago de vacuno con goma gellan mejora la densidad húmeda para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022	ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO	Propiedades físicas	Densidad húmeda (g/cm ³)
					Densidad seca (g/cm ³)
¿Qué efecto tiene el cartilago de vacuno con goma gellan en la densidad seca para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022?	Determinar el efecto que tiene el cartilago de vacuno con goma gellan en la densidad seca para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022	El cartilago de vacuno con goma gellan aumenta la densidad seca para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022		Propiedades mecánicas	Cohesión kg/cm ²
¿Cómo influye la incorporación de cartilago de vacuno con goma gellan a la compresión simple para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022?	Definir la influencia de la incorporación de cartilago de vacuno con goma gellan a la compresión simple para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022	El cartilago de vacuno con goma gellan aumenta la compresión simple para la estabilización del suelo limoso de la carretera CU-1516, Yaurisque, Cusco-2022			Compresión simple kg/cm ²

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN


Tabla 29: Matriz de Operacionalización

Anexo : MATRIZ DE OPERACIONALIZACION					
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YAURISQUE, CUSCO-2022"					
cartilago de vacuno con goma gellan	<p>Cartilago</p> <p>Según (BRITOS Raul) Del cartilago se puede obtener la gelatina sin sabor, siendo este considerado como un polímero derivado del colágeno. La gelatina está formada entre 90 a 99,95 % de proteína pura. (NIH INSTITUTO NACIONAL DEL CANCER) Los principales compuestos de la estructura del cartilago están compuestos de distintas proteína colágeno, de glucosaminoglicanos, los que son polisacáridos.</p> <p>La goma gellan tiene un alto peso molecular debido a que es un polisacárido natural. Es blanco-crema, un polvo, de fácil solución en agua caliente o fría, estas son soluciones neutras. En solventes orgánicos no es soluble. A temperaturas mayores de 65° C la goma gellan es soluble en glicerina. Las soluciones acuosas de goma gellan son solventes resistentes al agua o al etanol en concentraciones de hasta 50% a 60%. (Instituto Europeo de Dermocosmética, 2020)</p>	<p>El cartilago de vacuno y goma gellan se incluirán en el proceso de elaboración de los especímenes con diferente dosificación: cartilago de vacuno en porcentajes de 0%, 15% y 25% (en reemplazo de suelo) y goma gellan 0% , 0,5% y 4%(en reemplazo de suelo), para realizar 36 especímenes: 3 especímenes con 0% de ambos aditivos, 3 especímenes con 15% de cartilago mas 0.5% de goma gellan y 3 especímenes con 25% cartilago mas 1% de goma gellan. Resultando de las tres dosificaciones un total de 9 especímenes por la cantidad de indicadores, sería un total de 36 especímenes.</p>	Dosificación	Dosis de cartilago de vacuno en reemplazo de suelo (0-1%)	INTERVALOS
			Dosificación	Dosis de goma (0-1%)	INTERVALOS
			Características Técnicas	Cartilago de Vacuno	RAZON
				Goma Gellan	RAZON
DEPENDIENTE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICION
Estabilizacion de suelo limoso	<p>Según la (NORMA CE.020 ESTABILIZACION DE SUELOS Y TALUDES pág. 6) La estabilización es "un proceso físico o químico que mejora la condición mecánica del suelo"</p> <p>Suelo limoso según (Das, 2001) Son pequeños minerales que ayudan a retener agua y nutrientes por más tiempo. Es de color pardo oscuro y aluvial constituido por una mezcla de arena fina y arcilla, muy similar a la tierra y restos vegetales.</p>	Posterior al secado cuidadosamente de los especímenes se realizarán los siguientes ensayos:	Propiedades Físicas	Densidad húmeda (g/cm3)	RAZON
		09 especímenes elaborados con diferente dosificaciones de cartilago y goma gellan, se someterán al ensayo de Densidad húmeda, de acuerdo al procedimiento establecido en la norma			
		09 especímenes elaborados con diferente dosificaciones de cartilago y goma gellan, se someterán al ensayo de Densidad seca, de acuerdo al procedimiento establecido en la norma	Propiedades Mecánicas	Cohesion (kg/cm2)	RAZON
		09 especímenes elaborados con diferente dosificaciones de cartilago y goma gellan, se someterán al ensayo de Compresion simple, de acuerdo al procedimiento establecido en la norma		Compresion Simple (kg/cm2)	RAZON




FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 3: FICHA TÉCNICA – DENSIDAD HUMEDA

Tabla 30: Ficha Técnica - Densidad Húmeda

 FICHA TECNICA Nº 01 DE RECOLECCION DE DATOS							
Tesis de Investigación: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YAURISQUE, CUSCO, 2022"							
ENSAYO PARA LA DIMENSION: DENSIDAD HUMEDA							
Nº de es Especimen	Volumen del Molde (CM3)	Peso del suelo humedo en el molde (kg)	contenido de agua W(%)	peso del suelo humedo en el molde (N)	Peso unitario humedo (KN/m3)	Peso unitario seco (KN/m3)	Promedio
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							


CRITERIO DE EVALUACION				
Nula	Baja	Valido	Excelente	Perfecto
>0.53	0.54 - 0.59	0.60 - 0.71	0.72 - 0.99	1

EXPERTO	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	Evaluacion
1	Ing. Pablo Cabrera Quiroga	210642	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Pablo Cabrera Quiroga INGENIERO CIVIL CIP 210642	0,73
2	Ing. Alejandro Aquiles Vela Ponca	198752	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Alejandro Aquiles Vela Ponca INGENIERO CIVIL CIP 198752	0,71
3	Ing. Dante Amilcar Colque Cairo	211726	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dante Amilcar Colque Cairo INGENIERO CIVIL CIP 211726	0,75




FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 4: FICHA TÉCNICA – DENSIDAD SECA

Tabla 31: Ficha Técnica - Densidad seca

 FICHA TECNICA Nº 02 DE RECOLECCION DE DATOS							
Tesis de Investigación: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YAURISQUE, CUSCO, 2022"							
ENSAYO PARA LA							
DIMENSION: DENSIDAD SECA							
Nº de es Especimen	Volumen del Molde (CM3)	Peso del suelo humedo en el molde (kg)	contenido de agua W(%)	peso del suelo humedo en el molde (N)	Peso unitario humedo (KN/m3)	Peso unitario seco (KN/m3)	Promedio
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							


CRITERIO DE EVALUACION				
Nula	Baja	Valido	Excelente	Perfecto
>0.53	0.54 - 0.59	0.60 - 0.71	0.72 - 0.99	1

EXPERTO	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	Evaluación
1	Ing. Pablo Cabrera Quiroga	210642	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Pablo Cabrera Quiroga INGENIERO CIVIL CIP 210642	0,73
2	Ing. Alejandro Aquiles Vela Poma	198752	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Alejandro Aquiles Vela Poma INGENIERO CIVIL CIP Nº 198752	0,71
3	Ing. Dante Amílcar Colque Cairo	211726	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dante Amílcar Colque Cairo INGENIERO CIVIL CIP 211726	0,75




FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 5: FICHA TÉCNICA - COHESIÓN

Tabla 32: Ficha Técnica - Cohesión

 FICHA TECNICA Nº 03 DE RECOLECCION DE DATOS							
Tesis de Investigación: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YAURISQUE, CUSCO, 2022"							
ENSAYO PARA LA							
DIMENSION: COHESION							
Nº de es Especimen	W humedo	W seco	Carga (kg)	Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)	Comp. Simp (kg/cm2)	Cohesión (kg/cm2)
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							
12							





CRITERIO DE EVALUACION				
Nula	Baja	Valido	Excelente	Perfecto
>0.53	0.54 - 0.59	0.60 - 0.71	0.72 - 0.99	1

EXPERTO	APELLIDOS Y NOMBRES	CIP	FIRMA	Evaluacion
1	Ing. Pablo Cabrera Quiroga	210642	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Pablo Cabrera Quiroga INGENIERO CIVIL CIP 210642	0,72
2	Ing. Alejandro Aquiles Vela Poma	198752	 Alejandro Aquiles Vela Poma INGENIERO CIVIL CIP 198752	0,71
3	Ing. Dante Colque Cairo	211726	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dante Colque Cairo INGENIERO CIVIL CIP 211726	0,75

FUENTE: Elaboración propia

ANEXO 6: FICHA TÉCNICA – COMPRESIÓN SIMPLE

Tabla 33: Ficha Técnica - Compresión Simple

 FICHA TECNICA Nº 04 DE RECOLECCION DE DATOS						
Tesis de Investigación: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YAURISQUE, CUSCO, 2022"						
ENSAYO PARA LA DIMENSION: COMPRESION SIMPLE						
Nº de es Especimen	W humedo	W seco	Carga (kg)	Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)	Comp. Simp (kg/cm2)
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
CRITERIO DE EVALUACION						
Nula	Baja	Valido	Excelente	Perfecto		
>0.53	0.54 - 0.59	0.60 - 0.71	0.72 - 0.99	1		
EXPERTO	APELLIDOS Y NOMBRES	CP	FIRMA	Evaluación		
1	Ing. Pablo Cabrera Quiroga	210642	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Pablo Cabrera Quiroga INGENIERO CIVIL CIP 210642	0,73		
2	Ing. Alejandro Aquiles Vela Poma	148752	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Alejandro Aquiles Vela Poma INGENIERO CIVIL CIP Nº 148752	0,71		
3	Ing. Dante Amilcar Colque Cairo	211726	 COLEGIO DE INGENIEROS DEL PERU CONSEJO DEPARTAMENTAL CUSCO Ing. Dante Amilcar Colque Cairo INGENIERO CIVIL CIP 211726	0.75		

FUENTE: Elaboración propia

CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN

ANEXO 7: Certificado de calibración mallas granulométricas (tamiz N° 3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8", 4, 20, 40, 60) (anexo)

TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO TEST SIEVE CERTIFICATED	
	
Manufactured by PINZUAR LTDA	
CONFORME CON LA NORMA IN ACCORDANCE WITH NORM ASTM E 11:2015	
ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	49,72 mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	49,78 mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	5,00 mm
MALLA No. MESH No.	2"
SERIE No. SERIAL No.	62141
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56 µm
FECHA DATE	2016 - 02 - 07
FIRMA SIGN	
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO	
PINZUAR LTDA TELS: (571) 7454555 Calle 18 # 103 B 72 www.pinzuar.com.co BOGOTÁ - COLOMBIA	
 ASTM E 11 - 15 BUREAU VERIT Certification N° 01503 - 2016	

AC-P-11-F-01 Rev4

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	851,32	µm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	882,95	µm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	505,21	µm
MALLA No. MESH No.	20	
SERIE No. SERIAL No.	64609	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,93	µm
FECHA DATE	2018 - 07 - 18	FIRMA SIGN 

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 74,67 mm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 75,05 mm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 6,32 mm
AVERAGE DIAMETER

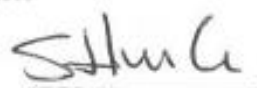
MALLA No. 3"
MESH No.

SERIE No. 61917
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 10,57 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2018 - 01 - 26
DATE

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



AC-P-11-F-01 Rev4

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	37,64	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	37,98	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	4,53	mm
MALLA No. MESH No.	1 ½"	
SERIE No. SERIAL No.	63816	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56	µm

FECHA
DATE

2018 - 05 - 25

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	19,05	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	19,16	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	3,02	mm
MALLA No. MESH No.	¾"	
SERIE No. SERIAL No.	63968	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm

FECHA 2018 - 06 - 07
DATE

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



AC-P-11-F-01 Rev4

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO 4,78 mm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 4,88 mm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 1,71 mm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 4
MESH No.

SERIE No. 64256
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN ± 10,55 µm
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2018 - 06 - 22
DATE

FIRMA
SIGN

ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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

www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA



AC-P-11-F-01 Rev4

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

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

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	9,49	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	9,58	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	2,30	mm
MALLA No. MESH No.	3/8"	
SERIE No. SERIAL No.	63657	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,55	µm

FECHA 2018 - 05 - 16
DATE

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

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

ABERTURA PROMEDIO 250,24 μm
AVERAGE APERTURE

ABERTURA MÁXIMA 258,66 μm
MAXIMUM APERTURE

DIÁMETRO PROMEDIO 156,66 μm
AVERAGE DIAMETER

MALLA No. 60
MESH No.

SERIE No. 59915
SERIAL No.

INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN $\pm 3,93 \mu\text{m}$
UNCERTAINTY OF MEASUREMENT

FECHA 2017 - 09 - 29
DATE

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	426,47	μm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	439,12	μm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	276,28	μm
MALLA No. MESH No.	40	
SERIE No. SERIAL No.	63845	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	$\pm 4,59$	μm

FECHA
DATE

2018 - 05 - 28

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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

www.pinzuar.com.co
BOGOTÁ - COLOMBIA

ASTM E 11 - 15
BUREAU VERIT
Certification



N° 01503 - 2018

**TAMIZ CERTIFICADO PARA ENSAYO
TEST SIEVE CERTIFICATED**

GRAN TEST

Manufactured by **PINZUAR LTDA**

CONFORME CON LA NORMA
IN ACCORDANCE WITH NORM

ASTM E 11:2015

ABERTURA PROMEDIO AVERAGE APERTURE	25,03	mm
ABERTURA MÁXIMA MAXIMUM APERTURE	25,68	mm
DIÁMETRO PROMEDIO AVERAGE DIAMETER	3,59	mm
MALLA No. MESH No.	1"	
SERIE No. SERIAL No.	59758	
INCERTIDUMBRE DE MEDICIÓN UNCERTAINTY OF MEASUREMENT	± 10,56	µm

FECHA **2017 - 09 - 26**
DATE

FIRMA
SIGN



ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

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



N° 015431 - 2016

AC-P-11-F-01 Rev4

ANEXO 8: Certificado de calibración Copa de Casa Grande - CLM-575-2022



Metrotest

E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Página 1 de 3

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CLM-575-2022

Solicitante	: ARBULU JURADO CESAR EDILBERTO	Misión: Prestar servicios con política de mejoramiento continuo y cumplimiento con las normas y especificaciones técnicas requeridas en máquinas y equipos para medición y ensayos.
Dirección	: AV. MICAELA BASTIDAS 258 OF. 704 - WANCHAQ - CUSCO	Visión: Lograr la confianza de nuestros clientes en el desarrollo de sus empresas a través de nuestros servicios. Tenemos como objetivo alcanzar el liderazgo en el mercado, y de esta manera obtener para nuestros empleados la consecución de ideales en el plano intelectual y personal, con constante investigación e innovación, en la búsqueda de la máxima exactitud en la medición de ensayos.
Instrumento de Medición	: COPA CASA GRANDE	
Marca:	: PINZUAR	
Modelo:	: PS 11	
Serie:	: 1846	
Identificación:	: NO INDICA	
Procedencia:	: COLOMBIA	
Contador	: ANALOGO	
División mínima:	: 1	
Lugar de Calibración	: Lab. Longitud de Metrotest E.I.R.L.	
Fecha de Calibración	: 2022-01-21	
Fecha de Emisión	: 2022-01-21	

Método de Calibración Empleado

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

Observaciones:

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- Base endurecida Cumple con su referencia a rebote Seco

Los errores encontrados son menores a los Errores Máximos Permitidos (e.m.p) para su Clase de Exactitud. Los resultados indicados en el presente documentos son validos en el momento de la calibración y se refieren exclusivamente al instrumento calibrado, no debe utilizarse como certificado de conformidad de producto. METROTEST 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 recalibracion de sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso, conservación y mantenimiento del mismo y de acuerdo con las disposiciones legales vigentes. El presente documento carece de valor sin firmas y sellos.

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





Lugo Asanjo G.
Jefe de Metrología

Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteir.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteir.com
 Telf.: 528-7898 Teletax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL



Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

Certificado de Calibración
CLM-575-2022 Página 2 de 3

Condiciones Ambientales:

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

PATRONES DE REFERENCIA:

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

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

RESULTADOS

APARATO DE LIMITE LIQUIDO

	Descripción	Métrico (mm)	Dimensiones		
			Tolerancia (mm)	Inglés (in)	Tolerancia (in)
Conjunto de la cazuela	Radio de la copa A	54,472	54 ±0.5	2,14	0,020
	Espesor de la copa B	1,938	2 ±0.1	0,08	0,004
	Profundidad de la copa C	26,554	27 ±0.5	1,05	0,020
Base	Copa desde la guía del elevador hasta la base N	47,8	47 ±1	1,88	0,039
	Espesor K	50,86	50 ±2	2,00	0,08
	Largo L	149,65	150 ±2	5,89	0,08
	Ancho M	125,228	125 ±2	4,93	0,08

RANURADOR

Espesor a	10,06	0,1	0,40	0,004
Borde Cortante b	2,47	0,1	0,10	0,004
Ancho c	13,48	0,1	0,53	0,004



Luigi Ascaro G.
Jefe de Metrología



CONTOMETRO

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

Incertidumbre

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

La Incertidumbre de medición reportada se denomina Incertidumbre expandida (U) y se obtiene de la multiplicación de la Incertidumbre Estándar Combinada (u) por el factor de cobertura (k).

Generalmente se expresa un actor $k=2$ para un nivel de confianza de aproximadamente 95%.

Fin del Certificado de Calibración





PINZUAR LTDA
ALTA TECNOLOGÍA CON CALIDAD HUMANA AL SERVICIO DEL MUNDO

INSPECTION CERTIFICATE CERTIFICADO DE INSPECCIÓN

CAZUELA CASAGRANDE MANUAL

CONFORME CON LA NORMA

NORMA: INV E-125 REFERENCIA: PS11

CERTIFICA QUE CUMPLE CON
LOS SIGUIENTES REQUERIMIENTOS

CARACTERISTICAS	RESULTADO	UNIDAD
Peso de la copa y el soporte	203,80	g
Espesor de la copa	2,01	mm
Profundidad de la copa.	26,94	mm
Altura de la base	50,84	mm
Ancho de la base	124,91	mm
Longitud de la base	149,80	mm

No Serie / Lote: 1846 / N.P.

FECHA: 2022-02-06 FIRMA: 

PINZUAR LTDA

AC-P-01-F-14/Rev 01/ Válido desde 2017-11-15

Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas y se refiere al momento y condiciones en que se realizaron.

Pinzuar Ltda. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado del instrumento.

TEL: (571) 7454555 | Calle 18 No. 103 B 72
www.pinzuar.com.co Bogotá - Colombia

ANEXO 9: Certificado de calibración de Horno eléctrico CTM-100-2022



Metrottest

E.I.R.L.
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CTM-100-2022

Página 1 de 5

Solicitante : CONSULTORA ITHENDA E.I.R.L.

Dirección : AV. MICAELA BASTIDAS NRO. 258 INT. 704
CERCADO DE WANCHAQ - CUSCO - WANCHAQ

Equipo de Medición : HORNO ELECTRICO

Marca : METROTEST

Modelo : MS-H1

Procedencia : PERÚ

Código de Identificación : NO INDICA

Número de Serie : 839

Temperatura de trab : 110 °C ± 10 °C

Ventilación : Natural

Lugar de Calibración : Lab. Temperatura de Metrottest E.I.R.L.

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

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

Instrumento de Medición :

Nombre	Marca	Modelo	Código de Identificación	Alcance de indicación	División mínima	Tipo de Indicación
Termometro controlador	AUTONICS	TCN4S	NO INDICA	200°C	1°C	Digital

Fecha de Calibración : 2022-01-21
Fecha de Emisión : 2022-01-21
Método de Calibración Empleado

La calibración se realizó tomando como referencia el Método de Comparación entre las indicaciones de lectura del termometro controlador del equipo a calibrar con Termometro patrón con 10 termopares utilizando el "Procedimiento de INDECOPI/SNM PC-005 1ª Ed. "Procedimiento para la Calibración de Hornos".

Observaciones

- Se colocó una etiqueta con la indicación "CALIBRADO".
- La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento.





Luigi Asehjo G.
Jefe de Metrologia

Jr. Aristides Sologuren 484 Dpto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST EIRL.



**CERTIFICADO DE CALIBRACION
CTM-100-2018**

Página 2 de 5

PATRONES DE REFERENCIA:

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
METROTEST E.I.R.L.	Termómetro de indicación Digital con 10 sensores	CTM-001-2022
Patrones de referencia de DM-INACAL	Termómetro de indicación digital	LT-539-2017

Condiciones Ambientales:

	Inicial	Final
Temperatura (°C)	19,9	20,3
Humedad (%)	43	45

Resultados de la calibración:

CALIBRACIÓN PARA 110 °C ± 10 °C

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





Metrotest E.I.R.L.

LABORATORIO DE METROLOGÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

Página 3 de 5

PARÁMETRO	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	112,7	0,3
Mínima Temperatura Medida	110,1	0,3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,2	0,3
Estabilidad	± 0,45	0,04
Uniformidad	2,5	0,3

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

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

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

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio del medio isotérmico: 0,5 °C

La uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

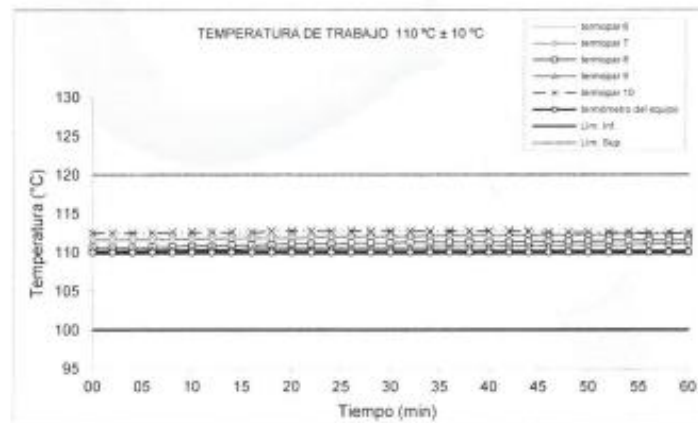
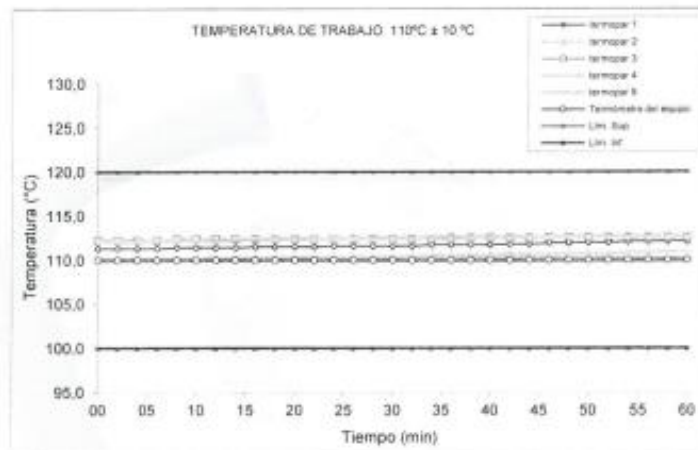
La estabilidad es considerada igual a $\pm 1/2$ máx. DTT.





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

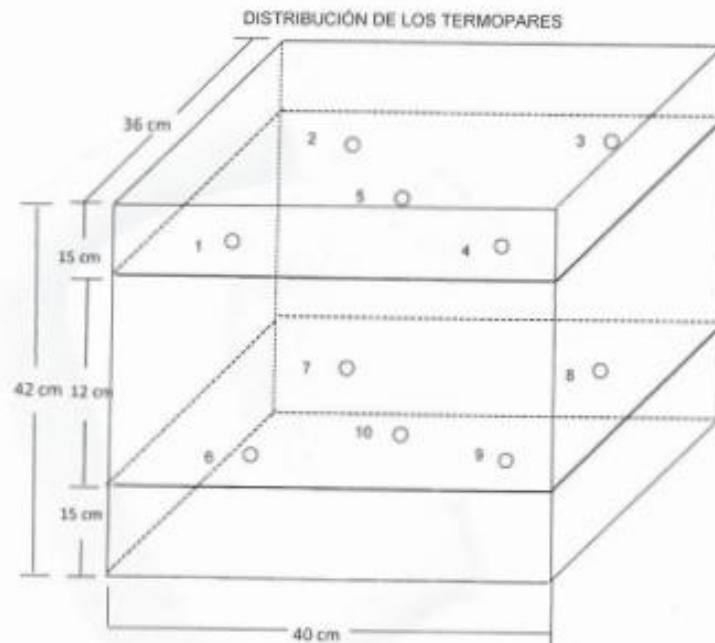
Página 4 de 5





**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
CTM-100-2018**

Página 5 de 5



Los termopares 5 y 10 están ubicados en el centro de los planos inferior y superior.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 9 cm de las paredes laterales.
Los termopares del 1 al 4 y del 6 al 10 están ubicados a 10 cm y a 12 cm respectivamente de la parte superior e inferior del horno tal como se muestra en el dibujo.



ANEXO 10: Certificado de Calidad Molde Proctor Modificado – ASTM D-1557



CERTIFICADO DE CALIDAD

El presente documento garantiza la calidad y detalla las especificaciones técnicas de nuestro producto.

PRODUCTO	MOLDE PROCTOR MODIFICADO
NORMA	ASTM D-1557
MODELO	MS-40
SERIE	652
MARCA	METROTEST
PROCEDENCIA	PERU
MATERIAL	Molde fabricado en fierro zincado Diámetro interior 6" (152,4mm) y altura de 116,43mm. Incluye base y collar.

* Certificamos que los datos corresponden a lo indicado por nuestro proveedor.

Atentamente



Jr. Aristides Sologuren 484 Opto. 102 Urb. Parques de Villa Sol - Los Olivos www.metrotesteirl.com / metrotestlogistica@hotmail.com / ventas@metrotesteirl.com
Telf.: 528-7898 Telefax: 528-3324 Entel: 997 045 343 / #962 889 991

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE METROTEST E.I.R.L.

ANEXO 11: Certificado de calibración de Prensa Hidráulica para rotura de concreto N° 1425-145-2022

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN		Página 1 de 3
N° 1425-145-2022		
		
Arsou Group		
Laboratorio de Metrología		
Fecha de emisión	2022/12/30	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI)</p> <p>Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento recalibrar sus instrumentos a intervalos regulares, los cuales deben ser establecidos sobre la base de las características propias del instrumento, sus condiciones de uso, el mantenimiento realizado y conservación del instrumento de medición o de acuerdo a reglamentaciones vigentes.</p> <p>ARSOU GROUP S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento después de su calibración, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en este documento.</p> <p>Este certificado no podrá ser reproducido o difundido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de ARSOU GROUP S.A.C.</p>
Solicitante	CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO	
Dirección	AV. MICAELA BASTIDAS 258- WANCHAQ - CUZCO-PERU	
Instrumento de medición	PRESA HIDRAULICA PARA ROTURA DE CONCRETO	
Identificación	1425-145-2020	
Marca	ARSOU	
Modelo	PR701	
Serie	2138	
Capacidad	120000KG	
Indicador	DIGITAL	
Bomba	MANUAL	
Procedencia	PERÚ	
Ubicación	Laboratorio de Suelos y Concreto	
Lugar de calibración	Laboratorio de ARSOU GROUP SAC	
Fecha de calibración	2022/12/30	
Método/Procedimiento de calibración		
El procedimiento toma como referencia a la norma ISO 7500-1 "Metallic materials - Verification of static uniaxial testing machines", Se aplicaron dos series de carga al Sistema Digital mediante la misma prensa. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.		
		
		
		
ARSOU GROUP S.A.C.		
Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú		
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437		
ventas@arsougroup.com		
www.arsougroup.com		



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
N° 1425-145-2022

Arsou Group
Laboratorio de Metrología

Patrones e Instrumentos auxiliares

Trazabilidad	Patrón Utilizado	Certificado de Calibración
Patrones de referencia de PUCP	Celda de Carga de 100 TN	192-19 con trazabilidad INF-LE 250-18.

Condiciones ambientales durante la calibración

Temperatura Ambiental	Inicial: 20,3 °C	Final: 20,5 °C
Humedad Relativa	Inicial: 63 %hr	Final: 65 %hr
Presión Atmosférica	Inicial: 1015 mbar	Final: 1015 mbar

Resultados

TABLA N° 01
CALIBRACION DE PRENSA HIDRAULICA PARA CONCRETO

SISTEMA DIGITAL "A" KG	SERIES DE VERIFICACIÓN PATRON (Kg)				PROMEDIO "B" kg	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE (1) kg	SERIE (2) kg	ERROR %	ERROR (2) %			
10000	10001.4	10000.9	0.0	0.0	10001.2	0.0115	0.00
20000	19999.0	19999.5	0.0	0.0	19999.3	0.00	0.00
30000	30000.0	29999.8	0.0	0.0	29999.9	0.00	0.00
40000	40000.5	39999.4	0.0	0.0	40000.0	0.00	0.00
50000	50000.0	50000.0	0.0	0.0	50000.0	0.00	0.00
60000	60000.4	59999.4	0.0	0.0	59999.9	0.00	0.00
70000	69998.8	69999.4	0.0	0.0	69999.1	0.00	0.00
80000	80000.0	79999.5	0.0	0.0	79999.8	0.00	0.00

NOTAS SOBRE CALIBRACION

- La Calibración se hizo según el Método C de la norma ISO 7500-1
- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100$$

$$Rp = Error(2) - Error(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan el +/- 1.0 %
- Incertidumbre expandida del Error (Ep) = 0,35 % (1,73 kg)



ARSOU GROUP S.A.C
Ing. Hugo Luis Arévalo Carnica
METROLOGÍA

ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú
Telf: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437
ventas@arsougroup.com
www.arsougroup.com

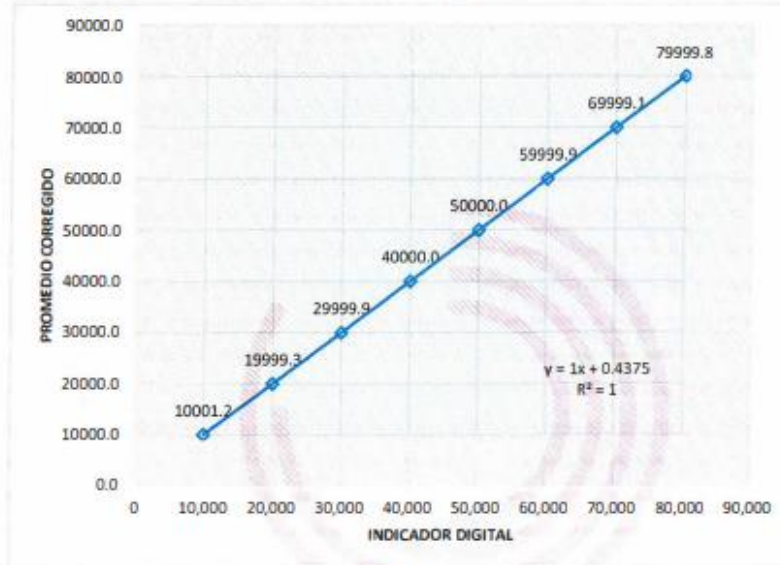


Arsou Group

Laboratorio de Metrología

Gráfica (Coeficiente de correlación y Ecuación de Ajuste)

GRAFICO N° 01



Ecuación de ajuste:

Donde: $y = 1x + 0,4375$

Coeficiente Correlación $R^2 = 1$

X : Lectura de la pantalla (kg)

Y : fuerza promedio (kg)

Observaciones

1. Antes de la calibración no se realizó ningún tipo de ajuste.
2. La incertidumbre de la medición ha sido calculada para un nivel de confianza de aproximadamente del 95 % con un factor de cobertura $k=2$.
3. (*) Código indicado en una etiqueta adherida al instrumento.
4. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO"

ARSOU GROUP S.A.C

Ing. Hugo Luis Arevalo Carnica
METROLOGÍA



ARSOU GROUP S.A.C.

Asoc. Viv. Las Flores de San Diego Mz C Lote 01, San Martín de Porres, Lima, Perú

Tel: +51 301-1680 / Cel: +51 928 196 793 / Cel: +51 925 151 437

ventas@arsougroup.com

www.arsougroup.com

ANEXO 12: Informe de Laboratorio

ADVERTENCIA para asesores, dictaminantes, rectores, ministros, etc.: En el Perú, no existe ley que obligue a que, para el ejercicio profesional de la ingeniería civil, se deba contar con **licencia de funcionamiento** o certificación de Indecopi o **INACAL**, hay que recordar que el **INACAL** no autoriza el funcionamiento de laboratorios, sino que, certifica que un laboratorio está preparado para ejecutar algún cierto ensayo. En el Perú, no es obligatorio, por ley, que un ingeniero civil que ejecuta ensayos y pruebas geotécnicas, tenga permiso o certificación del Inacal, claro que es deseable, pero **NO ES OBLIGATORIO**. En este sentido, de haber alguna observación al presente documento se solicita a los revisores **hacerlo por escrito**, mencionando expresamente la normativa interna de la universidad en la que, la certificación del Inacal es requisito, ateniéndose a las consecuencias legales que tal acto provoque en contra del D.L. 701 y la ley 28858.

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764 - **COLEGIADO Y HABILITADO**

RUC 10239763681 (Celular para consulta de asesores, dictaminantes, rectores, ministros, etc.: 984685155)

Consultor en geotecnia, con equipos calibrados propios y **sin licencia de funcionamiento, ni certificación Inacal.**

Informe 120-CEAJ-2022

Informe de resultado de laboratorio:

Datos generales:

Solicitante(s): BACH. Rosmery Eddy Cutipa Vargas.

Fecha del ensayo: del 8 de febrero al 15 de febrero de 2022.

Localización de los equipos: Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú.

Muestreo, procedencia y manipulación del suelo hasta llegar al laboratorio: hecha por el solicitante.

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764

Ámbito de uso y aplicación del presente informe.

Primero. El "Manual de Ensayo de Materiales" del Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial aprobado por D.S. N° 034-2008-MTC es de cumplimiento obligatorio por los órganos responsables de la gestión de la infraestructura vial de los tres niveles de gobierno: Nacional, Regional y Local. **Una universidad, sea nacional o particular, NO es órgano de gestión de la infraestructura vial del gobierno**, por lo tanto, dentro de sus actividades no le es aplicable el mencionado reglamento de manera obligatoria.

Segundo. El D.S. N° 034-2008-MTC en su: "Artículo 3 Del ámbito de aplicación" a la letra dice: "... es de aplicación por los tres niveles de gobierno...". Nuevamente, cualquier universidad en el Perú, especialmente las universidades particulares no son parte del nivel de gobierno del Perú, por lo que **las normas del MTC no les son aplicables de manera obligatoria**.

Tercero. INVESTIGAR NO ES HACER RESIDENCIA DE OBRA: Hacer una tesis es aplicar la ingeniería científica y no la práctica estándar (proyectista, residente, supervisor, liquidador o gerente de obras, etc.) de la ingeniería civil. Por lo tanto, el presente instrumento tiene su uso exclusivo dentro de una tesis de investigación y no es válido para aceptar o rechazar tramos de carreteras en la ejecución de obras.

En tal sentido y por lo expuesto, de haber alguna observación al presente documento y sus resultados, se solicita a los revisores **hacerlo por escrito, mencionando expresamente la norma interna de la universidad, supuestamente vulnerada y que obliga a la aplicación de normas nacionales como las del MTC** para ensayos que forman parte de una tesis de investigación científica, y no como parte del control de materiales para residencia de obra en la gestión de la infraestructura vial.

Tanto la norma de pavimentos, como las normas del MTC, así como la norma de suelos y cimentaciones en el Perú requieren que un informe como el presente sea firmado por un ingeniero civil colegiado y habilitado, siendo el único requisito para su validez.

1. Resultados de la clasificación del suelo trabajado.

CONTENIDO DE HUMEDAD
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D2216
ASTM D422

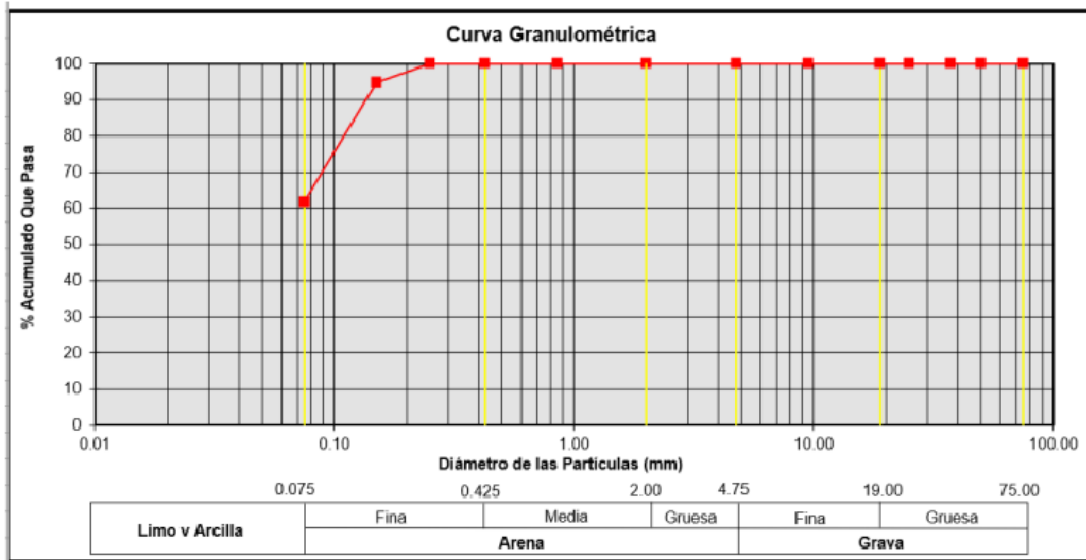
CODIGO
0

CONTENIDO DE HUMEDAD (w)		
1	No recipiente	1
2	W recipiente (gr)	0.00
3	W recipiente sw (gr)	1875.00
4	W recipiente s (gr)	1875.00
5	W w : 3-4 (gr)	0.00
6	W s : 4-2 (gr)	1875.00
7	w : 100*5/6 (%)	0.00

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
8	W recipiente s (lavado) (gr)	1875.00
9	W s (lavado) : 8-2 (gr)	1875.00
10	W s fino (platillo) (gr)	1160.00
11	W Total Parcial Retenido (gr)	1874.00
12	ΔW : 9-11 (gr)	1.00
13	W s fino (total) : [6-(11-10)-12] (gr)	1160.00
14	% finos : 100*13/6 (%)	61.87
15	Error : 100*12/9 (%)	0.05

D10	(mm)	0.03
D30	(mm)	0.04
D60	(mm)	0.07
Cu = D60/D10		2.87
Cc = D30 ² /(D10*D60)		0.81

Tamiz		Peso Parcial Retenido	Peso Parcial Retenido Corregido	% Parcial Retenido	% Acumulado Retenido	% Acumulado Que Pasa
-	(mm)	(gr)	(gr)	(%)	(%)	(%)
3"	75.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
1"	25.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/4"	19.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
3/8"	09.500	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No 004	04.750	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No 010	02.000	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No 020	00.850	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No 040	00.425	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No 060	00.250	0.00	0.00	0.00	0.00	100.00
No 100	00.150	98.00	98.00	5.23	5.23	94.77
No 200	00.075	616.00	617.00	32.91	38.13	61.87
Platillo		1160.00	1160.00	61.87	100.00	0.00
Total		1874.00	1875.00	100.00	-	-



CESAR EDUARDO ARBOLU ALVARADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP. N° 115764

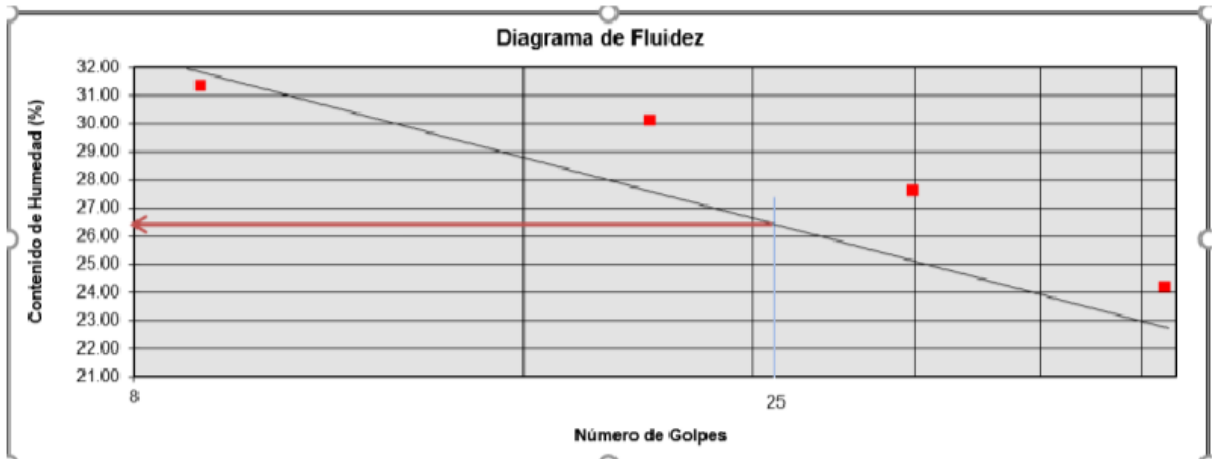
LIMITE LIQUIDO ASTM D4318
LIMITE PLASTICO ASTM D4318
LIMITE DE CONTRACCION ASTM D427

CODIGO

0

No DE ENSAYO	1	2	3	4
--------------	---	---	---	---

LIMITE LIQUIDO (LL)				
	1	2	3	4
1 No recipiente				
2 No golpes	50	32	20	9
3 W recipiente (gr)	47.30	46.60	47.40	46.90
4 W recipiente sw (gr)	66.80	63.70	67.70	77.50
5 W recipiente s (gr)	63.00	60.00	63.00	70.20
6 W w : 4-5 (gr)	3.80	3.70	4.70	7.30
7 W s : 5-3 (gr)	15.70	13.40	15.60	23.30
8 ω : 100*6/7 (%)	24.20	27.61	30.13	31.33
9 LL (%)				27.37



Por lo expuesto el suelo se clasifica como ML según el sistema SCS y A4 según el sistema AASHTO.

2. Resultados de la experimentación de la incorporación de goma gellan y cartilago de ganado vacuno al suelo ML.

2.1 Dosificación de la experimentación:

N	Gellan (%)	Cart (%)	Solidos (g)	gellan (g)	suelo (g)	cartilago + agua liquido (g)	cartilago (g)	agua (g)
1	0	1	220	0	220	30.8	0	30.8
2	1.5	0	220	3.3	216.7	30.8	0	30.8
3	0	1.5	220	0	220	30.8	3.3	27.5
4	1.5	1.5	220	3.3	216.7	30.8	3.3	27.5
5	1	1	220	2.2	217.8	30.8	2.2	28.6
6	1	1	220	2.2	217.8	30.8	2.2	28.6
7	0	0	220	0	220	30.8	0	30.8
8	1.5	0	220	3.3	216.7	30.8	0	30.8
9	0	1.5	220	0	220	30.8	3.3	27.5
10	1.5	1.5	220	3.3	216.7	30.8	3.3	27.5
11	1	1	220	2.2	217.8	30.8	2.2	28.6
12	1	1	220	2.2	217.8	30.8	2.2	28.6

CESAR EDUARDO TORRES LLU LLU
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP. N° 115704

La dosificación y las 12 proporciones presentadas responden a un diseño experimental de tipo fraccional factorial D-optimizado, con interacción, con una G-efficiency de 67.7% con una réplica, la matriz de este diseño experimental se presenta a continuación:

Exp No	Gellan	Cartilago
1	-1	-1
2	1	-1
3	-1	1
4	1	1
5	0.333	0.333
6	0.333	0.333

7	-1	-1
8	1	-1
9	-1	1
10	1	1
11	0.333	0.333
12	0.333	0.333

La matriz precedente permitió evaluar tanto los efectos separados, como la interacción de las sustancias.

2.2 Resultados de la experimentación.

Se procedió a medir las propiedades físicas de los elementos conforme la norma ASTM D7263, así como la medición de la cohesión y resistencia compresiva conforme la norma ASTM D2166, los resultados se resumen en el siguiente cuadro.

W humedo	W seco	Carga (kg)
247.9	214.7	160
248.3	215	150
248.5	216.6	190
246.2	214.5	140
249	216.4	170
247.7	214	160
245.5	211.5	140
249	214.5	140
246.7	216.4	140
249.9	216.9	190
248.5	215.4	180
247	214	120


 CESAR EDULBERTO ARELLANO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP. N° 11574

2.3 Resultados de las variables dependientes.

Con los datos anteriores se calcularon las densidades húmeda y seca, la resistencia a la compresión simple y la cohesión de las 12 muestras de suelo con distintas proporciones de incorporación de goma gellan y cartílago de ganado vacuno.

Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)	Comp. Simp (kg/cm2)	Cohesión (kg/cm2)
2.22	1.92	12.73	6.37
2.22	1.92	11.94	5.97
2.22	1.94	15.12	7.56
2.20	1.92	11.14	5.57
2.23	1.93	13.53	6.76
2.21	1.91	12.73	6.37
2.20	1.89	11.14	5.57
2.23	1.92	11.14	5.57
2.21	1.93	11.14	5.57
2.23	1.94	15.12	7.56
2.22	1.93	14.32	7.16
2.21	1.91	9.55	4.77

2.4 Análisis ANOVA de los resultados.

Luego de depurar los resultados de los ensayos 4, 9 y 12 debido a su excesiva distancia de Cook al modelo matemático, se obtuvo el siguiente análisis.

2.4.1 PARA LA DENSIDAD HÚMEDA.

Matriz de correlaciones:

	Gellan (%)	Cart (%)	Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)	Comp. Simp (kg/cm2)	Cohesión (kg/cm2)
Gellan (%)	1	-0.178	0.631	0.331	-0.032	-0.032
Cart (%)	-0.178	1	0.482	0.703	0.925	0.925
Dh (g/cm3)	0.631	0.482	1	0.902	0.572	0.572
Ds (g/cm3)	0.331	0.703	0.902	1	0.805	0.805
Comp. Simp (kg/cm2)	-0.032	0.925	0.572	0.805	1	1.000
Cohesión (kg/cm2)	-0.032	0.925	0.572	0.805	1.000	1

Estadísticos de bondad del ajuste (Dh (g/cm3)):

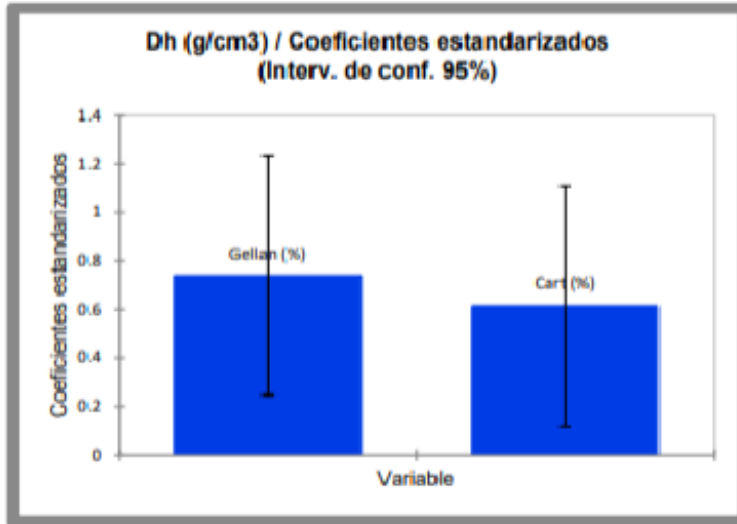
Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.763
R ² ajustado	0.684
MEC	0.000
RMSE	0.006
MAPE	0.190
DW	1.846
Cp	3.000
AIC	-89.295
SBC	-88.704
PC	0.474
Press	0.001
Q ²	0.379

CESAR EDUARDO ARBULLA ARANGO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP. N° 11574

Análisis de varianza (Dh (g/cm3)):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.001	0.000	9.646	0.013
Error	6	0.000	0.000		
Total corregido	8	0.001			

Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$



2.4.2 PARA LA DENSIDAD SECA.

Regresión de la variable D_s (g/cm³):

Estadísticos de bondad del ajuste (D_s (g/cm³)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R^2	0.710
R^2 ajustado	0.613
MEC	0.000
RMSE	0.009
MAPE	0.333
DW	1.426
Cp	3.000
AIC	-82.056
SBC	-81.464
PC	0.580
Press	0.001
Q^2	0.286

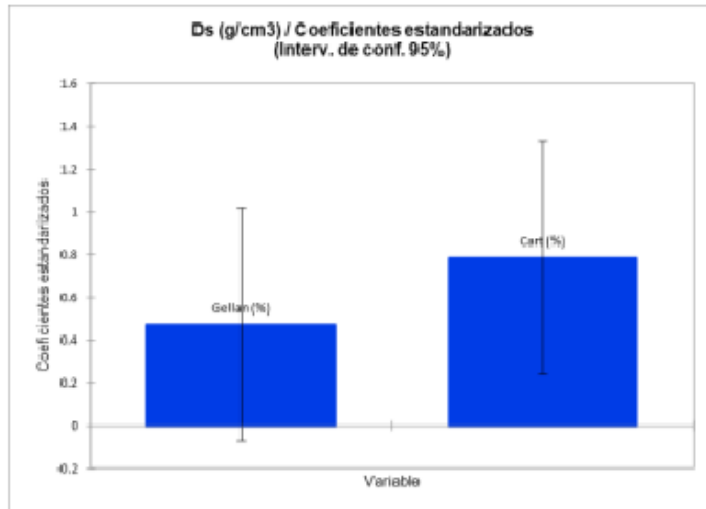
188

ZEMAR EDUARDO ARBOLU JARAMA
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 115374

Análisis de varianza (D_s (g/cm³)):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	0.001	0.001	7.348	0.024
Error	6	0.001	0.000		
Total corregido	8	0.002			

Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$



CESAR EDUARDO ABILLO ABRADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP. N° 115764

2.4.3 PARA LA COMPRESIÓN SIMPLE.

Regresión de la variable Comp. Simp (kg/cm²):

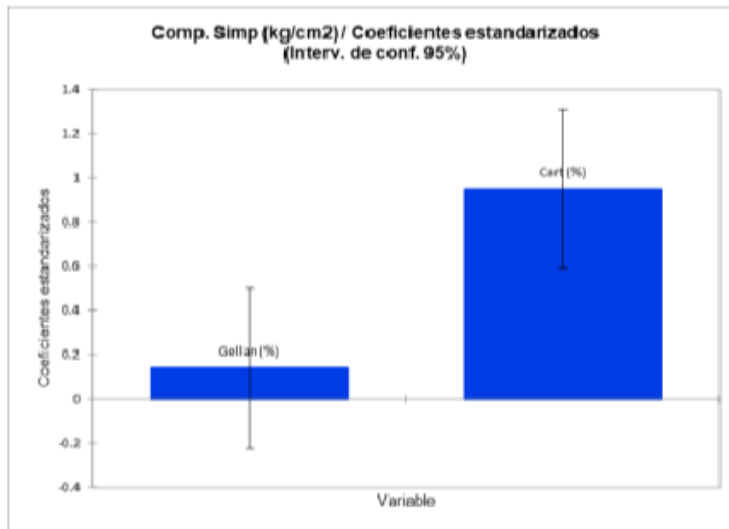
Estadísticos de bondad del ajuste (Comp. Simp (kg/cm²)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.874
R ² ajustado	0.832
MEC	0.403
RMSE	0.635
MAPE	3.413
DW	1.782
Cp	3.000
AIC	-5.837
SBC	-5.245
PC	0.252
Press	4.722
Q ²	0.753

Análisis de varianza (Comp. Simp (kg/cm²)):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	16.723	8.361	20.767	0.002
Error	6	2.416	0.403		
Total corregido	8	19.138			

Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$



CECAR EDUARDO ARELLANO ALVARADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CP. N° 11534

2.4.4. PARA LA COHESIÓN

Regresión de la variable Cohesión (kg/cm2):

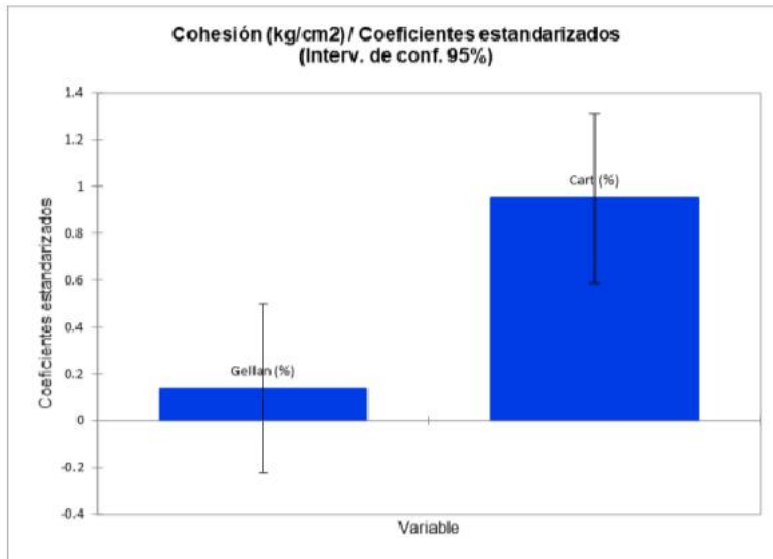
Estadísticos de bondad del ajuste (Cohesión (kg/cm2)):

Observaciones	9
Suma de los pesos	9
GL	6
R ²	0.874
R ² ajustado	0.832
MEC	0.101
RMSE	0.317
MAPE	3.413
DW	1.782
Cp	3.000
AIC	-18.313
SBC	-17.722
PC	0.252
Press	1.180
Q ²	0.753

Análisis de varianza (Cohesión (kg/cm2)):

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	2	4.181	2.090	20.767	0.002
Error	6	0.604	0.101		
Total corregido	8	4.785			

Calculado contra el modelo $Y = \text{Media}(Y)$



Por lo expuesto, se tiene que, tanto la Goma Gellan, como el cartílago de ganado vacuno tienen un efecto estadísticamente significativo en las propiedades físicas y mecánicas del suelo ensayado, mejorando ambas sustancias sus propiedades.

Es todo cuanto se informa al respecto.


CESAR EDILBERTO ARBULLU JURADO
 INGENIERO CIVIL
 Reg. CIP. N° 11574

Cusco, 28 de mayo de 2022



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Autenticidad del Asesor

Yo, TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "CARTILAGO DE VACUNO CON GOMA GELLAN PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELO LIMOSO DE LA CARRETERA CU-1516, YAURISQUE, CUSCO, 2022" ", cuyo autor es VARGAS VARGAS ROUSS, constato que la investigación cumple con el índice de similitud 21.00% establecido y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

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

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

LIMA, 13 de Julio del 2022

Apellidos y Nombres del Asesor:	Firma
TELLO MALPARTIDA OMART DEMETRIO DNI: 08644876 ORCID 0000-0002-5043-6510	Firmado digitalmente por: OTELLOM el 15-07-2022 15:33:03

Código documento Trilce: TRI - 0340540