



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el Valor soporte del CBR en subrasante aplicando Caseína. Cusco - 2021”

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

AUTOR:

Bach. HUAMANI ROCCA YOEL

<https://orcid.org/0000-0003-2738-3294>

ASESOR:

Ms. Ing. AYBAR ARRIOLA GUSTAVO ADOLFO [https://orcid.org/0000-0001-8625-](https://orcid.org/0000-0001-8625-3989)

[3989](https://orcid.org/0000-0001-8625-3989)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

LIMA – PERÚ

2021

Dedicatoria

El presente trabajo dedicado a Dios, siempre ha sido el quien guía mi vida y mi destino. El más grande apoyo en tiempos de alegría y dificultades. Para el recuerdo de mis padres, esposa, mis hijos y hermanos que son motivo de inspiración y perseverancia por alcanzar los sueños trazados

Yoel Huamani Rocca

Agradecimiento

En primera instancia A Dios por su guía y cuidado permanente en la formación como ser humano y profesional, a mis padres por inculcarme principios y valores en la vida, a mi esposa y mis hijos Jeri & Ariana por su amor incondicional, motivo de perseverancia y demostrarme que todo llega en el tiempo y el lugar indicado

a mis hermanos por su ejemplo y sus consejos demostrarme que para llegar a una meta se presentan dificultades que no son imposibles de superar

de igual manera a la Universidad Cesar Vallejo por contribuir en la culminación de nuestra formación profesional.

Yoel Huamani Rocca

Índice de contenido

Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Índice de tablas	v
Índice de Figuras y Gráficos	vii
Resumen	viii
Abstract	ix
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCO TEÓRICO	4
III. METODOLOGÍA	41
3.1. Tipo y diseño de investigación	41
3.2 Variable y Operacionalización	41
3.3. Población, muestra y muestreo.....	43
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	43
3.5. Procedimientos	44
3.6. Método de análisis de datos	44
3.7. Aspectos éticos	44
IV. RESULTADO	45
V. DISCUSIONES.....	58
VI. CONCLUSIONES	62
VI. RECOMENDACIONES	64
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	65
ANEXO	69

Índice de tablas

Tabla 1. Resistencia y rigidez de suelos tratados con caseína.	6
Tabla 2. Curvas de tensión-deformación de suelos tratados con caseína. (a) Tanto en condiciones secas como húmedas. (b) Condiciones húmedas.	6
Tabla 3. Valores de resistencia a la compresión no confinados de suelos tratados con caseína en condiciones húmedas y secas con variación del contenido de Caseína	7
Tabla 4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO.....	10
Tabla 5: Clasificación del suelo por tamaño de partícula	12
Tabla 06. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	14
Tabla 7. Categoría de Sub rasante según CBR	16
Tabla 8. Definición en grafica del CBR de laboratorio	17
Tabla 9. Características deseables para la Fabricación de Caseína	24
TABLA 10. AMINOÁCIDOS DE LA CASEÍNA	27
Tabla 11. Algunos usos tecnológicos de la caseína.	30
Tabla 12. Funciones de las capas de la estructura del pavimento.	35
Tabla 13: Operacionalización de las variables	42
Tabla 14. Resumen de los resultados de laboratorio.....	46
Tabla 15. Estadística descriptiva de los resultados de CBR	48
Tabla 16. Correlación del CBR	48
Tabla 17. Bondad de ajuste de la regresión de CBR	49
Tabla 18. Significancia del análisis de varianza.	49
Tabla 19. Parámetros del modelo CBR	50
Tabla 20. Estadística de los resultados de ascensión capilar	53
Tabla 21. Correlación de la caseína con Ascensión capilar.	53
Tabla 22. Bondad de ajuste de la regresión lineal de la Ascensión capilar.	54
Tabla 23. Análisis de variantes de la Ascensión capilar	54
Tabla 24. Parámetros del modelo de Ascensión capilar.....	55
Tabla 25. porcentaje de absorción	57

Índice de Figuras y Gráficos

figura 1. Diagrama esquemático de la estructura de la micela de caseína (reproducido después de Fox et al., 2015 [31])	¡Error! Marcador no definido.
Figura 2 PRUEBA CBR (IN SITU)	19
Figura 3: Instrumento para Determinas CBR Laboratorio	22
Figura 4: EQUIPO DE PENETRACION DINAMICA DE CONO (PDC)	23
Figura 5. Caseína Extraída	25
Figura 6. Tipos de bases	33
Figura 7: Estructura del pavimento.....	36
Gráfico uno. Regresión del CBR	48
Gráfico dos. Regresión del CBR.....	52
Gráfico tres. Distancias de Cook de la regresión	53
Gráfico cuatro. Recta de regresión para la Ascensión capilar	56
Gráfico Cinco. Distancias de Cook de la regresión de altura de Ascensión capilar	57
Figura 8. Instrumento PDC.....	73
Figura 9. Realización de calicata	73
Figura 10. Distribución del material limo arcilloso	74
Figura 11. Dosificación de suelo, caseína y agua en %	75
Figura 12. Mesclado de suelo, agua, Caseína	75
Figura 13. Distribución del material dosificado	76
Figura 14. utilización del método Proctor Estándar	76
Figura 15. aplicación del instrumento PDC.....	77
Figura 16. Pesado del material más molde Proctor.....	77
Figura 17. Aplicación del Extractor de Muestras	78
Figura 18. Sumergido de la muestra a 1cm de película de agua	79
Figura 19. Muestra sumergida al agua 100%.....	79

Resumen

En este trabajo de investigación denominada Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el Valor soporte del CBR en subrasantes aplicando Caseína. Cusco – 2021. cuyo objetivo fue mejorar el suelo limo arcilloso para incrementar el CBR de subrasante aplicando Caseína Cusco -2021. Su metodología de estudio fue enfoque cuantitativo Esta investigación es de tipo aplicada.

los resultados expuestos para incrementar el CBR de subrasante aplicando caseína, al 2%, 5%, 12%, Conforme se observó la intercepción como el coeficiente de la caseína, la intercepción asciende a 7.14, mientras que el coeficiente de la caseína asciende a 0.059. En ambos casos los parámetros tienen un p-valué pequeño menor al nivel de significancia primigenia mente establecido para la investigación el cual asciende a 0.05. Con los parámetros anteriores se puede establecer la ecuación del modelo CBR sumergido. $CBR = 7.144 + 0.059 * \text{Caseína} (\%)$ conforme se aprecia el CBR natural del suelo cuando no se le agrega caseína asciende a 7.14 por ciento, por otro lado, el modelo matemático precedente indica que cuando se incrementa un 1% de caseína en peso seco del suelo, este eleva su CBR en 0.059, esto demuestra que la caseína incrementa el CBR. por otro lado, podemos afirmar que la Caseína aplicado al 2%, 5%, 12%, respecto a la ascensión capilar = $63.149 - 3.948 * \text{caseína} (\%)$ Conforme se aprecia, la Ascensión capilar del suelo natural cuando no está presente la caseína asciende a 63.149 milímetros, por otro lado, cuando se incrementa un 1% de caseína en proporción al peso seco del suelo a las muestras la Ascensión capilar aproximadamente 4 mm, comprueba que la caseína impermeabiliza el suelo.

Palabras clave: mejoramiento, incrementar el CBR y aplicando Caseína

Abstract

In this research work called Improvement of clay silt soil to increase the support value of CBR in subgrade applying Casein. Cusco - 2021. whose objective was to improve the silty clay soil to increase the subgrade CBR by applying Casein Cusco -2021. His study methodology was a quantitative approach. This research is of an applied type.

The results presented to increase the subgrade CBR by applying casein, to 2%, 5%, 12%, As the interception was observed as the casein coefficient, the interception amounts to 7.14, while the casein coefficient amounts to 0.059. In both cases, the parameters have a small p-value lower than the level of significance originally established for the investigation, which amounts to 0.05. With the above parameters, the equation of the submerged CBR model can be established. $CBR = 7.144 + 0.059 * \text{Casein} (\%)$ as the natural CBR of the soil is appreciated when casein is not added, it amounts to 7.14 percent, on the other hand, the preceding mathematical model indicates that when casein is increased by 1% by weight dry soil, this raises its CBR by 0.059, this shows that casein increases the CBR. on the other hand, we can affirm that the Casein applied at 2%, 5%, 12%, with respect to the capillary rise = $63,149 - 3,948 * \text{casein} (\%)$ As can be seen, the capillary rise of the natural soil when casein is not present It amounts to 63,149 millimeters, on the other hand, when 1% of casein is increased in proportion to the dry weight of the soil to the samples, the capillary rise approximately 4 mm, it verifies that the casein waterproofs the soil.

Key words: improvement, increase CBR and applying Casein

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad en diversos países se realizan estudios de investigación para el mejoramiento y estabilización de suelos en proyectos de ingeniería específicamente la construcción de carreteras es muy importante para el desarrollo de una sociedad, la necesidad de investigar nuevos materiales que aporten al mejoramiento de la estabilización de los suelos con materiales que reduzcan el costo y la contaminación del medio ambiente El estudio que se pretende realizar debido a la variedad geográfica que presenta el lugar de estudio presenta un suelo limo arcillosos cuyo porcentaje del CBR no es óptimo.

Como realidad Problemática En la localidad del Cusco, las vías de transitabilidad en puntos estratégicos mostraron deficiencia que afectaron considerablemente la transitabilidad vehicular y peatonal. Por otro lado, se visualizaron áreas frágiles y lamentablemente son propiedades ocurridas por el tipo de suelo. Con la finalidad de determinar el óptimo porcentaje de caseína con el propósito de incrementar la capacidad portante del suelo de la subrasante natural de las vías en Cusco, la parte del suelo donde se ubica la subrasante se visualizó el hundimiento y mal estado del terreno afectando de esta manera el tránsito adecuado, fomentando incomodidad en los habitantes que viven allí.

Como aporte de esta tesis. Ante la necesidad de estudiar nuevos productos en nuestra región Cusco e incluso a nivel nacional, como la aplicación de caseína derivado de la leche como aporte a la ingeniería civil, y constatar que es un mejorador de CBR, la investigación pretende utilizar la caseína como nuevo aditivo, puesto que el producto se encuentra en cantidades considerables en la región del Cusco, ya que estos productos se descartan por falta de información y conocimiento. Con esta investigación podemos decir que, si aplicas un porcentaje suficiente de dosis de caseína, para ser utilizados como mejorador de suelo con fines constructivos de vías terrestres

La caseína es un derivado de la leche que se encuentra en el suero de leche, que a su vez es un derivado de la producción de leche en las granjas ganaderas. La caseína es una fosfoproteína que contienen fosfatos, los cuales a su vez se comportan como cementantes ante la presencia del suelo.

La cohesión del suelo es una propiedad química que le otorga resistencia a los distintos tipos de esfuerzos especialmente al esfuerzo cortante que está vinculado a la relación de soporte CBR.

es La necesidad de investigar el uso de residuos, que de otra forma se convierten en desperdicio y afectan al medio ambiente, y aplicarlos para un uso de construcción de carreteras es de fundamental importancia para la ingeniería civil y para el medio ambiente.

De lo anterior se desprende. **El Problema general:** ¿En qué medida la aplicación de caseína mejora el suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR en subrasantes Cusco - 2021? Por otro lado, consideramos como **los problemas específicos** ¿en qué medida la aplicación de caseína mejora el Valor Soporte del CBR en subrasante de un suelo limo arcilloso Cusco - 2021? asimismo, ¿En qué medida la aplicación de caseína mejora en la ascensión capilar de un suelo limo arcilloso de la subrasante Cusco, 2021? finalmente, ¿En qué medida el efecto de la caseína mejora en la absorción de un suelo limo arcilloso Cusco - 2021?

La justificación de la investigación se da en términos ambientales puesto que se trata de convertir un desperdicio en un aditivo útil para la construcción. considerando la perspectiva técnica la presente tesis se justifica con la finalidad investigar nuevos materiales para la ingeniería civil. Desde el punto de vista social también se pueden lograr interesantes efectos en la reducción del costo de las obras al usar un material de desperdicio cuyo costo es prácticamente nulo.

De esta manera, **el objetivo General** de la presente tesis es: mejorar el suelo limo arcilloso para incrementar el valor soporte del CBR en subrasantes aplicando caseína, Cusco -2021. Por otro lado, los **objetivos específicos** son: Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora el Valor Soporte del CBR de un suelo limo arcilloso de la subrasante, Cusco - 2021 Asimismo, Determinar en qué medida

la aplicación de la caseína mejora en la ascensión capilar de un suelo limo arcilloso de la subrasante, Cusco - 2021. Finalmente, Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora la absorción de un suelo limo arcilloso de la subrasante Cusco - 2021.

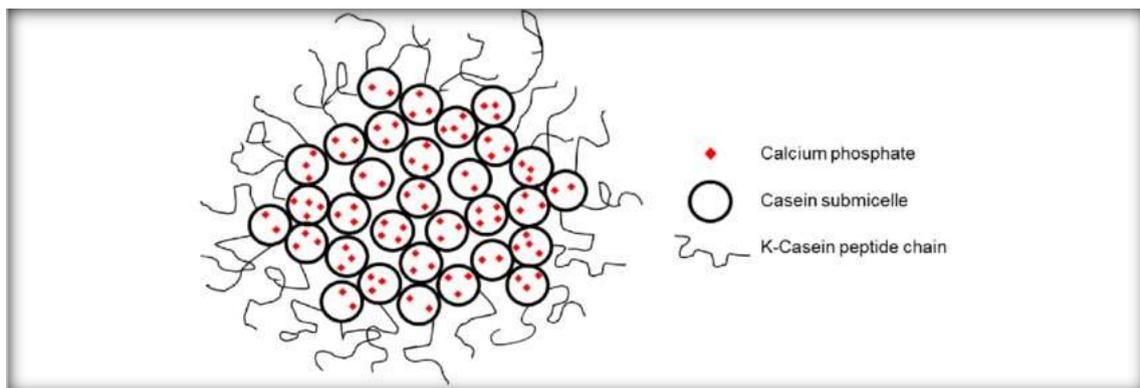
Como **hipótesis general** se plantea La aplicación de caseína como mejorador del CBR en un suelo limo arcilloso de subrasante tiene un efecto significativo. Asimismo, las **hipótesis específicas** son: La aplicación de caseína mejora significativamente el CBR del suelo limo arcilloso de la subrasante; además, La aplicación de Caseína mejora significativamente la ascensión capilar del suelo limo arcilloso de la subrasante. Por último, La aplicación de caseína no afecta la propiedad de absorción que tienen los suelos limo arcillosos usados como subrasante.

II. MARCO TEÓRICO

Considerando antecedentes internacionales, tenemos a:(HADI, y otros, 2018) en su investigación titulada Un nuevo estudio sobre el uso de biopolímeros a base de proteínas en el fortalecimiento del suelo, desarrollada en la universidad tecnológica de Isfahán tuvieron como objetivo utilizar biopolímeros a base de proteínas para el fortalecimiento del suelo, puesto que la utilización de materiales tradicionales como el cemento son perjudiciales para el medio ambiente en este estudio utilizaron la caseína y biopolímeros como una alternativa ecológica. La adición de biopolímeros muestra que es favorable a la compresión de la arena tratada mientras transcurría el tiempo Los resultados muestran que a medida que aumenta el tiempo de curado y aumenta el contenido de biopolímero, aumenta la resistencia a la compresión de la arena tratada con biopolímero. Además, la temperatura puede aumentar efectivamente la resistencia a la compresión de las muestras tratadas con caseína y Caseinato de sodio. Se estima que el efecto positivo de la temperatura de curado sobre la resistencia a la compresión del suelo modificado es de hasta 60 ° C. Además, la prueba de cizallamiento directo, la prueba de lixiviación y el ensayo de conexión carga de California (CBR) y el microscopio de observación por microscopio electrónico de barrido (SEM) imágenes. En términos generales, los biopolímeros a base de proteínas tienen un gran potencial como aditivos para el tratamiento de suelos y pueden reemplazar ciertos materiales, como el cemento y los polímeros químicos. La prueba de lixiviación y el ensayo de conexión carga de California (CBR) estas combinan con observaciones microscópicas a través de imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM). En términos generales, los biopolímeros a base de proteínas tienen un gran potencial como aditivos para el tratamiento de suelos y pueden reemplazar ciertos materiales, como el cemento y (FERNANDEZ, 1982)los polímeros químicos. La prueba de lixiviación y el ensayo en relación de carga de California (CBR) se combinan con observaciones microscópicas a través de imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM). En términos generales, los biopolímeros a base de proteínas tienen un gran potencial como aditivos para el tratamiento de suelos y pueden reemplazar ciertos materiales, como el cemento y los polímeros químicos.

Así también (CHANG, y otros, 2018) en su investigación titulada la Caseína bovina como nuevo aglutinante reforzante del suelo a partir de desechos lácteos desarrollada en la Universidad Ajou, Instituto Avanzado de Ciencia y Tecnología de Corea, Instituto de Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción de Corea. Tuvieron como objetivo utilizar la caseína bovina como un aglutinante reforzante del suelo a partir de desechos lácteos ya que el 18,1% de la leche es desperdiciada debido a problemas de almacenamiento y vencimiento a nivel mundial, con la finalidad de reducir la contaminación de las aguas subterráneas y el ecosistema local. Los resultados experimentales muestran un fortalecimiento significativo del suelo inducido por el tratamiento con caseína incluso después de 24 h de rehumedecimiento, lo que implica el potencial de aplicar mezclas de caseína y suelo con fines resistentes al agua. Los análisis de viabilidad para la utilización de caseína a partir de productos lácteos y desechos lácteos se proporcionan con aspectos socio ambientales y de ingeniería, que muestran tanto las oportunidades futuras como los desafíos del reciclaje de caseína como aglutinante del suelo en las prácticas de ingeniería.

figura 1. Diagrama esquemático de la estructura de la micela de caseína (reproducido después de Fox et al., 2015 [31]).



Fuente: (CHANG, y otros, 2018)

Tabla 1. Resistencia y rigidez de suelos tratados con caseína.

Casein solution [%]	Solution:Soil ratio for mixing	Casein-soil mixture [%]	Compressive Strength [MPa]		Elastic Modulus E_{50} [MPa]		Maximum strain [%]	
			Dry	Wet	Dry	Wet	Dry	Wet
8.00	0.25	2.00	2.65	0.48	47.69	2.02	3.87	5.05
10.64		2.66	2.79	0.51	49.34	2.14	4.03	4.92
13.32		3.33	3.07	0.53	57.9	2.70	3.85	4.83
16.00		4.00	3.63	0.59	70.85	4.41	3.99	4.96
20.00		5.00	4.34	0.65	87.54	8.13	3.81	5.12
26.64		6.66	5.63	0.75	133.07	10.01	3.83	5.03

Fuente: (CHANG, y otros, 2018)

Tabla 2. Curvas de tensión-deformación de suelos tratados con caseína. (a) Tanto en condiciones secas como húmedas. (b) Condiciones húmedas.

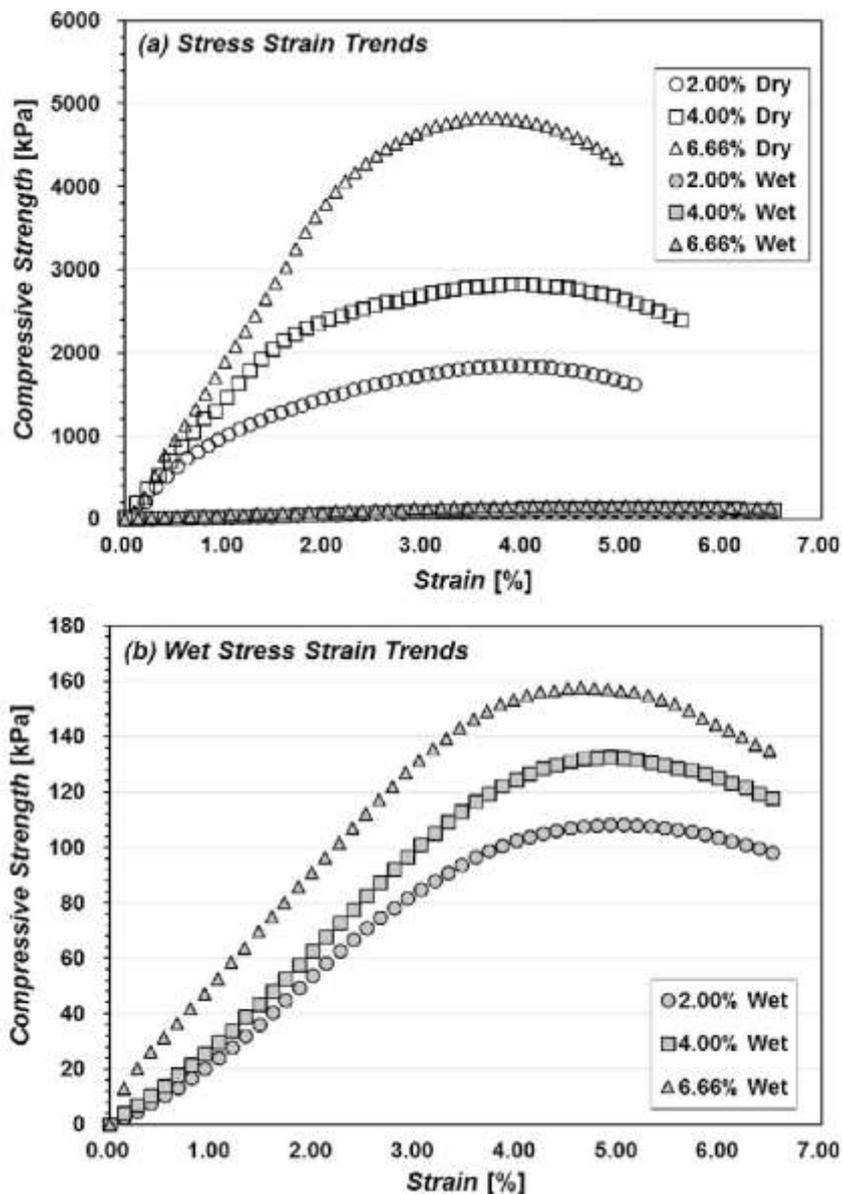
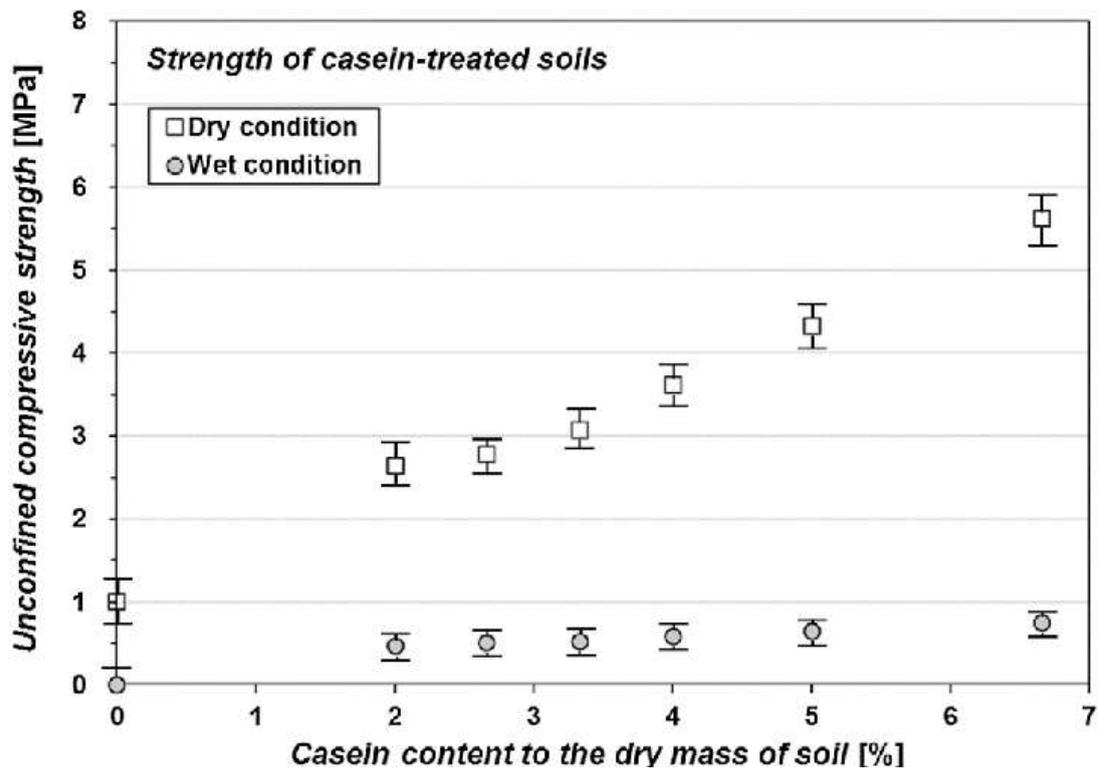


Tabla 3. Valores de soporte en la compactación no confinados de suelos tratados con caseína para condiciones húmedas y secas con variación del contenido de caseína.



Fuente: (CHANG, y otros, 2018)

Por otro lado: (CID, 2017) en su investigación realizada en la universidad católica de la santísima concepción, planteo los efectos de la caseína como aditivo en las resistencias mecánicas para el desarrollo de mortero: planteando dosificaciones convenientes para verificar los efectos de la caseína con el objetivo de comprobar la reacción de las propiedades mecánicas de dicho mortero modificado adicionando un aditivo (caseína) por otro parte efectuar dosificación, y comprobar (cemento, agua y arena) que son la dosificación convencional.

La caseína derivada de la leche bovina, se puede resaltar dentro de sus propiedades fundamentales resalta la adherencia, manejabilidad, resistencia mecánica, resistencia al agua, etc., se logró conseguir mediante un proceso artesanal la separación con una fuente acida, aplicando vinagre de manzana logrando obtener la caseína de forma sólida para su aplicación

Se realizaron probetas RILEM, estas probetas pasaron por un control de resistencia a flexión y resistencia a compresión, basándose en las normas chilenas NCh 158.

Of 1967 “cementos – ensayos de flexión y compresión de morteros de cemento”, (INN – Chile). Instituto nacional de normalización la obtención promedio de los valores de resistencia a flexión o compresión

Respecto a la parte teórica con relación al tema se indagaron teorías con respecto a su constantes y dimensiones consecuentes. Sabemos que el soporte y la base para las vías terrestres es el suelo, por otro lado, cuando los suelos son inapropiados con porcentajes de resistencia por debajo de lo establecido es cuando se requiere la aportación de biopolímeros para su incremento de su capacidad portante de suelos **definición de suelo** (Braja, 2013 pág. 1) la descripción del suelo o tierra es denominado agregado no cementado conformado por minerales y materia orgánica descompuesta por otro lado son alteraciones o descomposiciones físicas o químicas de las rocas que en sus espacios ácidos están formados por gas y liquido entre las partículas sólidas. la tierra o suelo es aplicada dentro de la ingeniería civil como material de construcción en distintos proyectos. de tal manera que dentro de la importancia del estudiar las características del suelo le compete a un ingeniero civil, considerando su origen la capacidad de drenar el agua, la distribución de tamaño de grano, capacidad de soporte de carga y resistencia al corte.

Sistema de clasificación AASHTO (Braja, 2015 pág. 78) La clasificación de suelos puede determinar aquellos suelos con características. Los atributos son similares en ambos, divídalos por conjunto y subconjunto Basados en sus reacciones de ingeniería. Su clasificación es de dos El suelo es el más utilizado en las rutas terrestres. Sistema de clasificación AASHTO Oficina de Carreteras Públicas EEUU (**Bureau of Public Roads**). se dio a conocer 1929 y fue considerado entre los 1ros Sistemas de unificación Evalúe el suelo con fines de construir carreteras. 1945 es Se llama sistema AASHTO después de la modificación. El sistema divide el suelo en siete grupos según el tipo de suelo. Determinación del tamaño de partícula, índice de plasticidad acompañado por limite líquido. Esta La calificación independientemente por conjuntos se realiza a través del "índice de grupo", es decir Utilice la siguiente fórmula empírica para calcular: $IG = (F-35) (0.2 + 0.005 (LL-40)) + 0.01 (F-15) (IP-10)$ considerando: F: con porcentaje menores a 0.08 mm (pasando malla 200). LL: Límite líquido. IP: índice de plasticidad. El índice de grupo se informa

como un número entero; tal caso sea menor, es considerado Denotado por 0. listado, incluido el orden de secciones, que se utiliza con finalidad de hallar una calidad constante del suelo del terraplén, los materiales de la calzada y la calzada Base y base. El método se conceptualiza por: **Grava:** este elemento trascurre por una criba de 80 mm seleccionado en una criba de 2 mm. **Arena gruesa:** El elemento tiene un diámetro 2 mm y 0,5 mm. **Arena fina:** El elemento tiene en promedio 0,08 y 0,5 mm. **Limo, arcilla:** elemento de 0,08 mm a través de la Malla. El término material particulado se aplica a aquellos que contienen 35% o Tamices de menos de 0,08 mm; materiales limosos a finos El índice de plasticidad es menor o igual a 10; y arcilla para materiales finos El índice de plasticidad es mayor o igual a 11. El limo y la arcilla está compuesto por más de 35% por los fragmentos son inferiores a 0,08 mm. Al estimar la correlación de los conjuntos de los subconjuntos a-2-6 y a-2-7, solo aplicar el índice del término de flexibilidad del método. Aunque el pavimento en relación a la flexibilidad es NP o es imposible determinar el límite líquido, Se debe considerar el índice de grupo (0). Si el piso es considerado como componentes orgánicos altos, en multitud, posteriormente clasificar para Pasar la inspección visual solo como A-8, independientemente del porcentaje Pasa 0,08 mm, límite líquido e índice de plasticidad. Generalmente Color oscuro, pegajoso y olor a podrido.

Tabla 4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)							Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)			
	A-1		A-3					A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Grupo:	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Porcentaje que pasa: Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx				- - 36 mín			
Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40 Límite líquido Índice de plasticidad	- 6 máx		- NP (1)	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín 11 mín	40 máx 10 máx	41 mín 10 máx	40 máx 11 mín	41 mín (2) 11 mín
Constituyentes principales	Fracmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Características como subgrado	Excelente a bueno							Pobre a malo			

(1): No plástico

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

Fuente: (GONZALES , 2005)

Sistema Unificado de Clasificación de suelos SUCS, (Braja, 2015) Depende de la clasificación del suelo. **Suelo granular:** Estos suelos altamente productivos, a pesar de cierta erosión. Los suelos granulares son suelos arcillosos formados por material derivado de la fuerte meteorización de rocas volcánicas o cenizas. Las muestras de suelo seco o húmedo pueden separarse fácilmente en pequeños fragmentos duros. Cuando se humedece y se frota entre los dedos, la arcilla se vuelve pegajosa y puede volver a moldearse fácilmente con poco agrietamiento. (Arredondo, 1977 págs. 221-222). **Grava:** La grava de construcción, que proviene de piedra caliza triturada, se utiliza para hacer una base sólida. Ya sea que esté haciendo un camino de entrada, un patio o una pasarela en su propio patio trasero, una grava es la elección perfecta. Las rocas más grandes se excavan en una cantera y se Trituran en pedazos más pequeños. Los resultados (nivel de construcción) se clasifican por grosor y tamaño. Elegir el tipo correcto de grava para utilizar como base para su proyecto significa examinar el tamaño y el clima de la construcción, y tener en cuenta lo que estará encima de los adoquines una vez que el proyecto esté terminado. (Arredondo, 1977 págs. 221-222). **Arena:** La arena es una mezcla de pequeños granos de roca y materiales granulares que se define

principalmente por el tamaño, siendo más fina que la grava y más gruesa que el limo. Y que varían en tamaño de **0,06 mm a 2 mm**. Partícula... (Arredondo, 1977 págs. 221-222). **Suelo cohesivo:** Los suelos cohesivos son suelos de grano fino y son aquellos cuyas partículas se agregan o se agrupan. En términos sencillos, ¡las cosas que se mantienen juntas! Estos suelos son característicamente suaves y pueden contener un gran contenido de humedad. Al secarse obtienen una dureza casi cementosa. Los suelos cohesivos (en gran parte debido a su capacidad para retener agua) también son propensos tanto a la contracción como a la expansión. (Arredondo, 1977 págs. 221-222). **Limo:** El limo es un material sedimentario de tamaño intermedio entre la arena y la arcilla. Transportado por el agua durante las inundaciones, forma un depósito fértil en el fondo de los valles. El tamaño de las partículas del limo oscila entre 0,002 y 0,06 mm. El limo es un material no plástico o de baja plasticidad debido a su finura. Debido a su finura, cuando se moja se convierte en un barro suave que se puede formar fácilmente en bolas u otras formas en la mano y cuando el suelo de limo está muy húmedo, se mezcla perfectamente con el agua para formar charcos finos y fluidos de barro (Arredondo, 1977 págs. 221-222). **Arcilla:** Las partículas de arcilla son las más finas de todas las partículas del suelo, con un tamaño inferior a 0,002 mm. Está formada por partículas microscópicas y submicroscópicas derivadas de la descomposición química de las rocas. La arcilla es un suelo cohesivo de grano fino. Se adhieren fácilmente y forman una textura pegajosa o adhesiva cuando están húmedas o secas. La arcilla está compuesta por más de un 25% de arcilla y, debido a los espacios que se encuentran entre las partículas de arcilla, los suelos arcillosos retienen una gran cantidad de agua. La arcilla se expande cuando entra en contacto con el agua y se encoge cuando se seca. En comparación con las partículas de arena, que suelen ser redondas, las de arcilla son finas, planas y están cubiertas de pequeñas placas. La arcilla orgánica es muy comprimible y su resistencia es muy alta cuando se seca, por lo que se utiliza en la construcción como mortero de barro. (Arredondo, 1977 págs. 221-222). Respecto al concepto de lecho de la **calzada:** parte de la vía que se mejora, diseña o se usa habitualmente para el tráfico vehicular e incluye los arcenes y áreas, incluidas las bahías, al costado o centro de la calzada, utilizadas para detener o estacionar vehículos; y donde una vía tiene dos o más de esas porciones divididas por una franja mediana, la expresión significa cada una de esas

porciones, por separado; (Arredondo, 1977 pp. 221-222). La función principal de la imprimación de carreteras es: a) soportar los distintos cuerpos que a las que están sometidas que estos producen cargas compartidas mediante la vía al peatón. b) Transferir y distribuir proporcionalmente a la masa principal las distintas cargas a la masa primordial del parapeño (Arredondo, 1977 págs. 221-222). Las propiedades del piso que forma parte de la cama de la calzada considerados como las constantes de importancia (rigidez, flexibilidad, certeza) que deben considerarse el modelamiento en la estructura del asfalto. Con la finalidad de determinar sus características mecánicas y físicas en los componentes en una calzada, considerado importante tomar muestras de una calicata al menos 1,5 m en el transcurso de la construcción de dicha vía, posteriormente hallar el desempeño en el laboratorio (Mohedas y Moreno, 2014, p. 8) una de las propiedades físicas más importantes del, considerado útil dentro del proceso de ejecución de vías, ya que la capacidad portante del piso pavimento (principalmente el suelo fino) puesto que la relación con la situación en su densidad y humedad es directamente en este tipo de suelos. Se considera humedad natural como la conexión del peso, conceptualizado una conexión el suelo seco en peso propiamente el agua en peso, considerado en porcentaje. (Mojdas y Moreno, 2014, p. 8). como objetivo determinar las características de los distintos componentes. Ingredientes para su selección considerando su volumen (MTC, 2013).

Tabla 5: Clasificación del suelo por tamaño de partícula

Tipo de material		Tamaño de partícula
Grava		75mm - 4.75 mm
		Arena gruesa: 4.75mm - 2.00 mm
Arena		Arena media: 2.00 mm - 0.45mm
		Arena fina: 0.425 mm - 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm - 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Fuente: (MTC 2013)

Según Mohedas y Moreno (2014), la consistencia en el piso observamos que es afectada considerablemente por la humedad circundante. Los sucesos nos permiten deducir que su diámetro de fragmentos constituyentes del suelo son

chicos, puesto que mantiene una principal conexión con la composición de la arcilla, pues en esta clase de suelo, el fenómeno en relación superficial es impuesto a esta clase de suelos por gravedad. Líquido: cuando se aprecia un porcentaje considerable de humedad se resiste a la inclinación única (cohesión) cuyo objetivo es unir el suelo y la transformación en barro, considerado como el líquido viscoso con una mínima dureza. Dicho piso considerado con una facilidad de transformación su deforma al mínimo esfuerzo. Con una conducta maleable, puesto que una vez finalizada la obra, no volverá a su estado original. Incapaz de soportar cargas mecánicas adicionales. El suelo semisólido con una facilidad de formarse agrietas con anticipación a la deformarse.

Tabla 06. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)

DIVISIONES PRINCIPALES		Símbolos del grupo	NOMBRES TÍPICOS	IDENTIFICACION DE LABORATORIO	
SUELOS DE GRANO GRUESO	GRAVAS	Gravas limpias	Gravas, bien graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.	Determinar porcentaje de grava y arena en la curva granulométrica. Según el porcentaje de finos (tracción inferior al tamiz número 200). Los suelos de grano grueso se clasifican como sigue: <5% -> GW, GP, SW, SP. >12% -> GM, GC, SM, SC. 5 al 12% -> casos límite que requieren usar doble símbolo.	
		(sin o con pocos finos)	Gravas mal graduadas, mezclas grava-arena, pocos finos o sin finos.		
		Gravas con finos	Gravas limosas, mezclas grava-arena-limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	Gravas arcillosas, mezclas grava-arena-arcilla.		
	ARENAS	Arenas limpias	Arenas bien graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.	Cu= $D_{60}/D_{10}>4$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 No cumplen con las especificaciones de granulometría para GW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4. Encima de línea A con IP entre 4 y 7 son casos límite que requieren doble símbolo. Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7. Cu= $D_{60}/D_{10}>6$ Cc= $(D_{30})^2/D_{10} \times D_{60}$ entre 1 y 3 Cuando no se cumplen simultáneamente las condiciones para SW. Límites de Atterberg debajo de la línea A o IP < 4. situados en la zona rayada con IP entre 4 y 7 son casos intermedios que precisan de símbolo Límites de Atterberg sobre la línea A con IP > 7.	
		(pocos o sin finos)	Arenas mal graduadas, arenas con grava, pocos finos o sin finos.		
		Arenas con finos	Arenas limosas, mezclas de arena y limo.		
		(apreciable cantidad de finos)	Arenas arcillosas, mezclas arena-arcilla.		
		Más de la mitad del material retenido en el tamiz número 200	Más de la mitad de la fracción gruesa pasa por el tamiz número 4 (4,76 mm)		
SUELOS DE GRANO FINO	Limos y arcillas:		Limos inorgánicos y arenas muy finas, limos limpios, arenas finas, limosas o arcillosa, o limos arcillosos con ligera plasticidad.	<p>Abaco de Casagrande</p> <p>Este gráfico clasifica los suelos de grano fino basándose en el Límite Líquido (LL) y el Índice de Plasticidad (IP). El eje horizontal representa el Límite Líquido (0-100) y el eje vertical el Índice de Plasticidad (0-60). Se muestran dos líneas de referencia: Línea A (IP = 0.73(LL - 20)) y Línea B (IP = 2.5 - 0.0075(LL - 20)). Las zonas de clasificación son: ML (Limo inorgánico de baja plasticidad), CL (Arcilla inorgánica de plasticidad baja a media), OL (Limo orgánico y arcilla orgánica de baja plasticidad), MH (Limo inorgánico de plasticidad media), CH (Arcilla inorgánica de plasticidad alta), OH (Arcilla orgánica de plasticidad media a elevada), y PT (Suelos muy orgánicos).</p>	
			Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas.		
		Límite líquido menor de 50	Limos orgánicos y arcillas orgánicas limosas de baja plasticidad.		
	Limos y arcillas:		Limos inorgánicos, suelos arenosos finos o limosos con mica o diatomeas, limos elásticos.		
			Arcillas inorgánicas de plasticidad alta.		
	Más de la mitad del material pasa por el tamiz número 200	Límite líquido mayor de 50	Arcillas orgánicas de plasticidad media a elevada; limos orgánicos.		
	Suelos muy orgánicos		Turba y otros suelos de alto contenido orgánico.		

FUENTE: NTP 339.134,1999

De acuerdo a (NTP 339.127, 1999) (ASTM D 1883), El propósito de esta prueba es posible hallar su facultad de carga (CBR, California Bearing Ratio) de suelo y áridos comprimido en laboratorio, con el contenido de agua perfecta en diferentes etapas

en compresión. La prueba fue desarrollada por el Departamento de Carreteras de California como una forma de clasificación y evaluación.

La capacidad del suelo para ser utilizado como subbase o material básico en la construcción de carreteras.

La prueba CBR es la prueba más utilizada para el diseño de pavimentos y mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad.

$$C.B.R = 100 * \frac{\text{Carga Unitaria del Ensayo}}{\text{Carga Unitaria Patrón}}$$

La prueba CBR (California Bearing Ratio) (NTP 339.145, 1999) mide la carga requerida para sumergir una muestra de suelo compactada en agua durante cuatro días y luego hincharse a una velocidad predeterminada para penetrar un pistón de cierto tamaño.

El hecho de que la muestra esté sumergida se debe a que si podemos prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo, y si hacemos una recomendación, la penetraremos con un pistón conectado a un pequeño "plotter", generar un gráfico, que representa la relación entre la profundidad del pistón en la muestra y la carga.

Por otro lado, el CBR (NTP 339.145, 1999) es una prueba semi-empírica que se utiliza para evaluar la calidad de los materiales del suelo en función de su resistencia al corte. El índice CBR se define como la relación entre la presión requerida para que un pistón penetre en el suelo a cierta profundidad y la presión requerida para lograr la misma penetración en una muestra estándar de grava, expresada en porcentaje (Bañan Luis & Bevíá José, 201). La capacidad de carga de la subrasante es conceptualizada por el peso que pueda aguantar no presentando asentamiento considerable. El indicador cuantitativo es el índice CBR. Después de que el sistema vial AASHTO clasifique el suelo, desarrollará un perfil estratigráfico para cada departamento de homogeneización para determinar el suelo para el diseño de control, y establecer procedimientos de prueba y / o

correlación con la finalidad de implantar el CBR considerado como valor de resistencia o soporte del suelo, puesto se refiere a Es 95% M OS (densidad seca máxima) y penetración de carga de 2,54 mm (MTC 2008 b).

Tabla 7. Categoría de Subrasante según CBR

Categorías de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3 % A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6 % A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

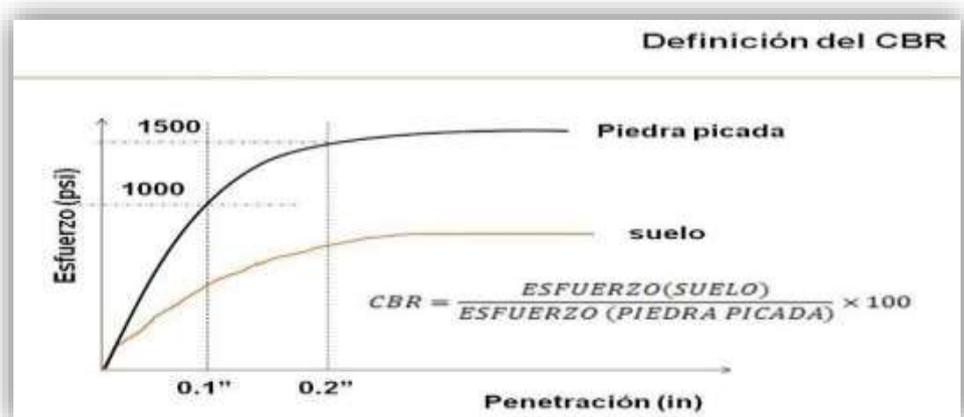
Fuente: MTC (2014)

DEFINICIÓN ENSAYO DE CBR: (Arredondo, 1977) Prueba CBR La prueba CBR calcula el aguante al corte (esfuerzo cortante) del pavimento con características controladas de líquido y dureza. ASTM llama a esta prueba "relación de soporte" y utiliza la ASTM D digital para la supervisión 1883-73. EN 1929 con este estilo Este método fue expuesto por profesionales en ingeniería O. J. Porter y T. E. Stanton de la Administración de vías del Estado en California. por entonces, en Europa y Estados Unidos, la aplicación CBR es considerado común considerado un método de selección del suelo aplicado como lecho en carreteras o insumo base dentro de las ejecución de carreteras. Se utiliza para evaluar la calidad relativa de algunos materiales de suelo de calzada, subbase y base granular, estos materiales solo contienen una pequeña cantidad de materiales que pasan por un tamiz de 50 mm y permanecen en un tamiz de 20 mm. Se recomienda que la puntuación no supere el 20%.

(Braja, 2008) **Para realizar el procedimiento** de prueba CBR, debe realizar una prueba Proctor modificada por adelantado y luego realizar las siguientes operaciones: • Elija suelo seco para obtener la mejor humedad. • El suelo a analizar se tamiza a través del tamiz estándar de este tipo de prueba y se pesa para

estimarse en 6000 gramos. • Mida la cantidad de agua obtenida previamente en el tubo de ensayo. • El suelo se mezcla con una cierta cantidad de agua para formar una mezcla homogénea. $CBR = \frac{\text{Fuerza del suelo ensayado}}{\text{Fuerza del suelo estándar}} \times 100$ • Pese el molde sin el collar y mida el diámetro, la altura y el peso del molde. • Ponga 5 capas de tierra en el molde y golpee cada capa con un martillo según los moldes de 56, 27 y 11 veces. • Retirar el collar, enraizar la última capa y pesar el moho junto con la tierra. Finalmente, tráigalo a la máquina para aplicar CBR [8].

Tabla 8. Definición en grafica del CBR de laboratorio



Fuente: (Sánchez, 2012).

PRUEBA CBR (IN SITU) Es un método adecuado para determinar la capacidad portante de un material donde está sometido a la tensión de su estructura portante. Debe estar presente cuando el material en cuestión y el movimiento de tierra importante están en cuestión. El procedimiento para determinar la tasa de soporte CBR in situ comparando la carga de penetración del suelo con la carga de penetración de un material de referencia estándar. **Propósito y alcance:** Las pruebas in situ se utilizan para determinar su CBR para evaluar y diseñar estructuras de pavimento flexible, como bases gruesas, subbase y lechos de carreteras, y otras aplicaciones (como carreteras sin pavimentar), como donde CBR es la resistencia indicada. parámetro. Cualquier actividad de construcción realizada después de la prueba de capacidad de carga, como nivelación o compactación, puede invalidar los resultados de la prueba. Este método de prueba cubre la

evaluación de la calidad de la subrasante, pero también es aplicable a la subrasante y los materiales base. Este método de prueba está diseñado para probar materiales in situ y corresponde al método de prueba ASTM D-1883. Para encontrar la proporción de soporte de las muestras de laboratorio, consulte ASTM A-1883. Referirse a. Estándar ASTM D 4429: CBR (California Bearing Ratio) método de prueba estándar para suelo in situ Elevación mínima: 50 mm (2 pulgadas). El manillar desmontable tiene un radio de 150 mm (6 pulgadas). Relación de alta velocidad, 1 mm (0,04 ") penetra alrededor de 2,4 revoluciones. Relación de velocidad media, 1 mm (0,04") penetra alrededor de 5 revoluciones. Relación de velocidad baja, 1 mm (0,04 ") penetra aproximadamente 14 revoluciones.

Se pueden utilizar otras relaciones de velocidad cuando sea más conveniente. Los anillos de carga, dos en total, están debidamente calibrados, uno de los cuales tiene una amplitud de carga de 0 a 8.8 kN (0-1984 lbf) y el otro tiene una amplitud de carga de aproximadamente 0 a 22.6 kN (0-5070 lbf). El pistón de penetración tiene un diámetro de $50,8 \pm 0,1$ mm ($2 \pm 0,004$ ") ($3 \text{ in}^2 = 19,35 \text{ cm}^3$ de área) y una longitud de aproximadamente 102 mm (4"). Puente de aluminio, hierro o madera, o soporte de dial penetrante, de 76 mm (3 pulgadas) de alto y aproximadamente 1,5 metros (5 pies) de largo. Placa de sobrecarga circular de acero 254 + 0 de diámetro, 5 mm ($10 \pm 0,02$ pulgadas), con un orificio central circular de $51 \pm 0,5$ mm ($2 \pm 0,02$ "). El peso de la placa de presión debe ser de $4,54 \pm 0,01$ kg. Carga (fuerza de reacción)

La carga del vehículo (o una pieza de equipo pesado) es suficiente para proporcionar una fuerza de reacción de aproximadamente 31 kN (6970 libras). Sobrecarga de peso. Dos pesas de sobrecarga en forma de anillo de 4.54 ± 0.01 kg con un diámetro total de 216 ± 1 mm (8.5 ± 0.04 "), y dos pesas similares del mismo tamaño, pero del mismo tamaño, pero 9.08 ± 0.01 kg. EL dial. Debe tener dos diales: uno se utiliza para medir la deformación del anillo de carga, con una lectura de 0,0025 mm (0,0001 pulgadas), y la carrera es de aproximadamente 6,4 mm (0,25 pulgadas), el otro se utiliza para medir la penetración del pistón, con una lectura de 0,025 mm (0,001 pulgadas) , La carrera es de aproximadamente 25 mm (1 pulgada) □ Recipientes de muestra, espátulas, paletas, cucharones excavadores, etc. para determinar la humedad y el peso unitario de otros equipos

Gatos Dos gatos tipo camión, 14 mg (15 toneladas) de capacidad, doble -actuando combinación y descenso automático

Figura 2 PRUEBA CBR (IN SITU)



Fuente: (Pérez, 2017)

ENSAYO DE CBR (LABORATORIO): (Braja, 2008) (Juárez, y otros, 1993) La prueba con la finalidad de hallar el resultado de capacidad portante del suelo se llama relación de soporte y se llama CBR (California Bearing Ratio). Por ende, dentro del laboratorio el suelo transformado y se utiliza en determinadas naturalezas de líquido y consistencia, en tal sentido (CBR in situ) es inducida a prueba no perturbadas recogidas del suelo. Se utiliza con el fin de estudiar la suficiencia de carga del suelo de la subrasante y la capa de base, la capa de subbase y la capa de confirmación, refiriéndose a la prueba que utiliza equipos mejorados para determinar la relación peso unitario-humedad. Los equipos y materiales a considerar al realizar la prueba son los siguientes: a) Presión para forzar al pistón a penetrar en la muestra, b) Molde metálico cilíndrico, c) Espaciador metálico, d) Pistón compactador, f) Dispositivo medidor de expansión, g) Peso, h) Pistón penetrante, i) Dos diales, j) Tanque, k) Horno, l) Básculas, m) Tamices y Otros equipos

El objetivo de continuar con el método es asumir la tasa del soporte es obtenido de muestras de prueba con su propio peso individual y contenido de humedad, siempre esperando que estas muestras se encuentren en el sitio. En términos generales, cuando el material está saturado, se encuentran condiciones de humedad críticas (las más desfavorables). Por ello, el método considera ensayar la muestra después de 4 días de inmersión en agua, el molde se confina en la forma sobre una carga idéntico al peso de la calzada que actúa encima del material.

1.- Prepare la prueba de suelo la parte fina más pequeña que el tamiz n. ° 4 (suficiente para hacer 6 muestras) y utilice la prueba Proctor modificada para hallar el valor óptimo de agua del suelo.

2.- Antes de compactar el suelo en el molde, tomar una muestra representativa para determinar su contenido de humedad (si el suelo es de grano fino, al menos 100 gramos).

3.- Pesar el molde sin base ni collar.

4.- Para cada molde, ajuste el molde a la base, inserte el disco espaciador en el molde y cúbralo con un disco de papel de filtro.

5.- Fabrica 6 muestras con 5 capas por capa: 2 de 12 trazos por capa, 2 de 26 trazos por capa y 2 de 56 trazos por capa; saturar muestras con 12, 26 y 56 golpes por capa.

6.- Para cada molde, quitar la base, el collar y el disco de aislamiento, pesar el molde con tierra compactada y determinar el peso unitario total de la tierra.

7.- Colocar la bandeja de papel de filtro en la base, invertir la muestra y fijar el molde en la base para que la tierra entre en contacto con el papel de filtro. Para muestras saturadas, se realizaron los siguientes pasos:

8.- Coloque necesarios pesos ranurados (no menor de 4.5 kg) encima de la muestra pavimento con la finalidad de estimar la presión incrementada carga solicitada.

9.- introducir el ejemplar en el compresor y colocar el pistón en el suelo iniciando con la carga superior a 4,5 kg. Ponga a nulo el medidor de carga y penetración (o deformación).

10.- Tome la lectura de deformación o penetración, y lea la lectura correspondiente del medidor de carga. Extraer la proporción del dado y tomar las dos proporciones que sirvan de modelo adicional en argumento de agua con finalidad de obtener resultados insaturados.

11.- aplicar la chapa penetradora con varillas regulables sobre el piso con el propósito de quedar sólido luego incorporara el peso suficiente con la finalidad de hallar la sobrecarga requerida, teniendo cuidado de no ser inferior a 4,5 kg. Asegúrese de utilizar un disco de papel de filtro entre la base del tallo perforada y el suelo para evitar que la tierra se pegue a la base del tallo.

12.- Sumergir el molde y la pesa en un recipiente lleno de agua, para que el agua pueda entrar por las partes superior e inferior de la muestra, y ajustar el comparador en el medio respectivo (lectura 0.01 mm); marcar el soporte en el molde. Colócalo de forma que puedas retirarlo y reposicionarlo en la misma posición en el molde cuando quieras tomar una lectura.

13.- Ajuste la posición cero de la galga extenso métrica y registre la hora de inicio de la prueba. Las lecturas se toman a las 0, 1, 2, 4, 8, 12, 24, 36, 48, 72 y 96 horas después del tiempo transcurrido; si la lectura en el dilatómetro permanece constante durante al menos 24 horas, la prueba de expansión puede ser cancelado después de 48 horas.

14.- Al final del remojo de 96 horas, retirar la muestra y dejar escurrir durante 15 minutos, limpiar completamente la superficie superior de la muestra con una toalla de papel.

15.- Pesar la muestra sumergida, incluido el molde.

16.- Realice los pasos 8 a 10 para cada muestra.

17.-El muestreo del contenido de humedad de la muestra saturada es el siguiente:
2 Dentro de los 3 cm de la parte superior del suelo
2 Dentro de los 3 cm de la parte inferior de la muestra de suelo
2 En el centro de la muestra de suelo. (MIGUEL, y otros, 2011)

Figura 3: Instrumento para Determinas CBR Laboratorio



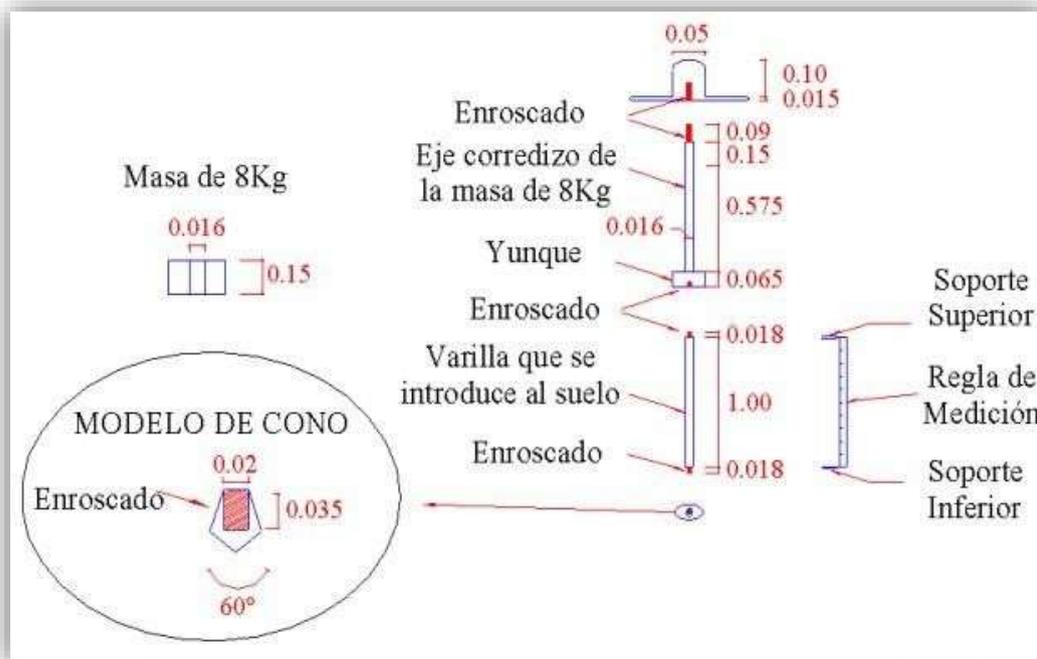
Fuente: Universidad Politécnica de Madrid

ENSAYO DE CBR POR MÉTODO PDC (Denoia, y otros, 2008) (Núñez, 2014 pág. 76)

La prueba CBR se realiza mediante el método PDC. (ASTM-D, 1883) El siguiente método es adecuado para pruebas in situ para comprobar la resistencia del suelo natural a los materiales compactados. El instrumento Rata del PDC es de 8 KGS, que se utiliza para evaluar CBR in situ; para distinguir la altura de diferentes tipos de capas; para evaluar la resistencia al corte del tipo de capa y las diferentes propiedades de los materiales que la cumplen. El PDC de 8kg Se pueden usar estimar las características de resistencia de suelos de grano fino y de grano grueso, materiales de construcción y materiales débiles modificados o estabilizados. Este equipo no se puede utilizar para materiales altamente estables o cementados, ni tampoco para materiales granulares que contengan una gran cantidad de piedra con un tamaño de partícula superior a 50 mm (2 "). El PDC se puede utilizar para estimar la resistencia in situ del material debajo de la capa altamente estable y luego perforar orificios para permitir el acceso al orificio. La medición de campo de PDC da como resultado CBR de campo y, por lo general, no tiene una correlación

satisfactoria con CBR de laboratorio o CBR sumergido en el mismo material. Entonces, la prueba debe interpretarse como un estimador de la resistencia in situ del material en las condiciones existentes en el sitio en el momento de la prueba.

Figura 4: EQUIPO DE PENETRACION DINAMICA DE CONO (PDC)



FUENTE: (Núñez, 2014).

DEFINICIÓN SOBRE CASEÍNA (Libenson, 1941) se puede describir que el producto caseína considerado principal beneficio de casi todo los lácteos de animales que amamantan. Representa poco más del 3% de los lácteos y se puede obtener industrialmente a partir de la leche. La propiedad que presenta la caseína es convierten excelente en producción de recubrimientos, dentro delas industrias del, plásticos, fibras. adhesivos, Hay dos preparaciones principales de caseína: la caseína, producto de la extracción de la leche con algo de acides, por otra parte, la producción de cuajo para extraer caseína, esta es coagulada utilizando estomago de cordero o ternera. Lactasa precipitada. Estos resultados son ligeramente diferentes por sus características y rendimiento. Considerado en nuestro idioma común, la denominación caseína generalmente se refiere al ácido, porque el cuajo se usa relativamente raramente dentro de la industrialización.

Entre distintas sustancias vitamínicas, este producto caseína considerada como tecnología más utilizada, cave indica de que es uno de los elementos orgánicos complicados de realizar estudiar.

Según (LIBENSON, 1941) La caseína es una fosfoproteína (proteína de unión) en la que el ácido fosfórico parece unirse al grupo alcohol del aminoácido.

La caseína existe en la leche en forma de suspensión o emulsión coloidal y está unida al calcio. Esta combinación emulsiona los glóbulos de grasa con fosfato de calcio.

La caseína es la principal proteína de casi toda la leche de mamíferos. Forma aproximadamente el 3% de la leche y se obtiene de la industria. La caseína es uno de los productos con beneficios para la adecuada elaboración de recubrimientos, productos dúctiles, adherentes y fibras. Hay dos preparaciones principales de caseína: es Entre sustancias tecnología más utilizada, La caseína es una fosfoproteína (proteína de unión) en la que los ácidos fosfoproteína

La caseína existe en la leche en forma de suspensión o emulsión coloidal y está unida al calcio. Esta combinación emulsiona los glóbulos de grasa con fosfato de calcio.

Tabla 9. Características deseables para la Fabricación de Caseína

COMPONENTES		MAXIMOS	MINIMOS
GRASA		3.80	9.87
PROTEINA		3.78	7.85
LACTOSA		3.55	7.44
CENIZA		0.76	0.99
SOLIDOS TOTALES		11.54	18.50
SOLIDOS NO GRASOS		8.50	12.54
DENSIDAD		1.02	1.04

Fuente: (MIGUEL, y otros, 2011)

ORIGEN DE LA CASEINA: (del latín caseus, "queso") es considerado como fosfoproteína (una proteína extraña) que se extrae de la leche y algunos y sus derivados (productos fermentados como el yogur o el queso). La caseína es muy importante porque es la principal proteína de la leche. Solo se sintetizan en las

glándulas mamarias, se encuentran en la leche principalmente en agregados multi moleculares denominados "micelas de caseína". En la leche, la caseína representa aproximadamente el 80% de la proteína total. Se encuentran en la fase soluble asociada al calcio (fosfato cálcico), en un complejo llamado caseinógeno.

La caseína se obtiene coagulando la leche con ayuda de ácido. La cuajada obtenida se lava varias veces para eliminar los residuos, se escurre, se seca y se tritura.

Figura 5. Caseína Extraída



Fuente: propia

Este material se menciona al principio de Origen Orgánico. La leche se obtendrá de forma manual. Necesitas mejor leche La calidad de la caseína es la leche desnatada, porque la mayoría grasa. Para alcanzar su estado y forma finales, es necesario seguir Próximo paso:

a) Ponga la proporción requerida de leche en el frasco y comience Caliéntalo a temperatura baja. b) Luego se debe agregar una cierta cantidad de una fórmula ácida a la leche De esta forma, la separación entre la parte líquida y la parte sólida

Sí. En este caso, se utilizará vinagre blanco por cada 100 ml de leche. 29 Se necesitan 10 mililitros de vinagre, por lo que cada litro de leche serán 100 mililitros de vinagre Vinagre blanco. c) Revuelva la mezcla y espere a que se produzca la separación. d) Una vez completado el proceso de separación, utilice papel de filtro y embudo. e) Después de filtrar el exceso de líquido, lávelo con agua. Se obtiene caseína. f) Permita 30 minutos para drenar el exceso de agua a temperatura Medio ambiente. g) Posteriormente, registre el peso de la caseína húmeda.

PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CASEÍNA: (CHANG, y otros, 2018) La caseína ácida comercial es un sólido granular de dureza media, que varía en color desde crema claro hasta amarillo pajizo, con un olor "dulce" o similar a la leche. Ambas caseínas húmedas son propensas al moho y, si no se almacenan adecuadamente, sus soluciones desprenderán un olor a podrido.

La caseína pura es un sólido blanco amorfo sin sabor ni olor. La caseína comercial es ligeramente amarilla, con un olor agradable. La caseína seca se conserva bien si se protege de insectos y roedores; La caseína húmeda es rápidamente atacada por mohos y bacterias y adquiere un olor desagradable. La gravedad específica es de 1,25 a 1,31. La caseína es una mezcla de fosfoproteínas de diferente peso molecular. La caseína es un coloide liofílico similar a la albúmina y la gelatina. Es isoeléctrico a pH 4.6, donde su solubilidad en agua es de 0.01 por ciento. Es anfótero: por debajo de pH 4,6, la caseína forma sales moderadamente solubles como el cloruro de caseína; por encima de pH 4,6, la caseína forma sales con bases El caseinato de sodio y otras sales alcalinas son solubles sin límite, mientras que el caseinato de calcio, otras sales alcalinotérreas y las sales de metales pesados son casi insolubles. Los caseinatos forman geles fácilmente cuando se coagulan lentamente a partir de soluciones concentradas. El formaldehído forma un insoluble compuesto con caseína. La caseína es insoluble en la mayoría de los disolventes orgánicos. La paracaseína es menos liofílica La solución tiene una fluidez viscosa a bajas concentraciones, pero se convierte en un fluido no newtoniano cuando supera el 12% o el 14%, hasta que finalmente forma una gelatina con un contenido de sólidos de aproximadamente el 25, por lo que la viscosidad en la proporción puede ser de 6 cps, el contenido de sólidos es 5%, 60 cps, 10%, 6000 cps, 15%. También distintas propiedades, la caseína considerado importante, por tanto,

cuenta con hechos superficial. La tensión superficial de las soluciones comerciales de caseína es de un promedio de 50 dinas por centímetro.

TABLA 10. PROTEINA DE CASEINA

Especies	CP (%)	TP (%)	Caseína (%)	WP (%)	NCN (%)	NPN (%)
Búfalo	4,25 ± 0,07 b	3,87 ± 0,02 b	3,20 ± 0,03 ^b	0,68 ± 0,02 b	1,05 ± 0,02 c	0,38 ± 0,02 b c
Vaca	3,57 ± 0,03 c	3,25 ± 0,03 c	2,79 ± 0,02 ^c	0,47 ± 0,01 e	0,77 ± 0,02 e	0,33 ± 0,03 días
Oveja	5,15 ± 0,06 a	4,53 ± 0,03 una	3,87 ± 0,04 ^a	0,66 ± 0,02 c	1,28 ± 0,03 a	0,62 ± 0,02 una
Cabra	3,35 ± 0,02 días	2,95 ± 0,02 días	2,44 ± 0,03 días	0,53 ± 0,02 días	0,94 ± 0,01 días	0,39 ± 0,01 b
Camello	3,24 ± 0,04 e	2,89 ± 0,02 e	2,11 ± 0,02 ^e	0,80 ± 0,03 una	1,13 ± 0,02 b	0,36 ± 0,02 b c

CP, proteína cruda; TP, proteína verdadera; WP, proteínas de suero; NCN, nitrógeno sin caseína; NPN, nitrógeno no proteico; DE: desviación estándar.

Todos los valores son la media ± DE, lo que representa el promedio de datos de seis muestras, cada una analizada por triplicado.

a, b Los valores con las mismas letras dentro de una fila o columna indican que las muestras no difieren significativamente a un nivel de significancia del 5%.

Fuente: Anthony JC

CASEINA PROPIEDADES QUÍMICAS: La caseína es hallada conjuntamente a otras proteínas no consideradas de mucha utilidad de la leche. Podemos visualizar que se comporta de manera diferente en diferentes situaciones, pero la índole está sometido a la formación de la leche, los años del vacuno, el momento de su nutrición e incluso el ordeño. Si la vaca debe parir o parir, esto también afectar a la leche. En tal caso, afecta de manera en la formación de la caseína

La caseína considerada como fosfoproteína. Considerando dicho ácido fosfórico confirmamos su esterificado dentro del el grupo hidroxilo de la cadena lateral como lisina y está presente dentro leche como una sal de calcio. En tal caso la caseína se precipita con ácido, se elimina el fosfato de calcio y todavía queda algo de fósforo. Conectado orgánicamente. Los factores analizados para la caseína acida muestran como resultado estos valores: nitrógeno, 15,80%; fósforo, 0,71%, carbono, 53,5%; hidrógeno 7,13%; azufre, 0,72%; lo restante considerado oxígeno. Dado que en su formación fundamental una proteína rara vez describe la composición molecular, es mejor expresar la composición química como un porcentaje de los aminoácidos constituyentes. Debido al método de análisis imperfecto, su formación precisa no es clara, pero se puede estimar dicha composición citada dentro de estas líneas. Basándose en los conceptos estructurados para las proteínas, en caso de aminoácidos se encuentran conectados por extensas uniones, lineales o separados a través de conjuntos amino o carboxilo.

PROCESO TEORICO PARA LA PRODUCCION DE CASEINA: (MIGUEL, y otros, 2011) La caseína más utilizada es extraída de la leche desnatada mediante procedimientos minuciosos, desagregando del suero, sometido al agua, secado y molido. Estos trabajos son realizar de forma discontinua, continua y combinadas. El funcionamiento intermitente se suele realizar dependiendo al tamaño de leche desnatada es pequeño y el funcionamiento continuo se utiliza cuando el volumen de leche es grande, aunque el proceso es sencillo, el efecto es muy bueno. Debe tener dedicación con la finalidad de conseguir el suero adecuado. La leche descremada tiene que presentar algunas consideraciones de acidez, formación de grasa, sólidos totales y pretratamiento térmico. La acidez no es muy importante para la caseína ácida, pero la leche desnatada baja en ácido es la primera opción, cuando el ácido láctico supera el 0,20% se considera excesivo. El contenido de grasa no debe superar el 0,1%, lo casi difícil de conseguir. La esterilización y densidad antes de la leche desnatada promoverá su creación de los coágulos de caseína anormales y aumentará la dificultad de procesamiento. El tiempo de procesamiento de manera corta puesto que se podrá obtener una caseína de muy buena calidad con el fin de minimizar el impacto del fermento de la leche natural. La duración recomendada es inferior a 24 horas. Según la investigación realizada

por Porcher, se encontró caseína en la leche y en la solución coloidal se formó el complejo caseinato cálcico-fosfato cálcico. Para realizar caseína acida utilizando ácido más clorhídrico, obtendremos resultados de caseína insoluble pura.

USO Y APLICACIÓN DE LA CASEINA: En su uso, además de emplearse directamente como adhesivo en la producción de alimentos (lácteos y derivados cárnicos, productos de pan y pastelería, etc.), la caseína también se utiliza en la elaboración de productos no alimenticios: cola y pintura, protección de pintura, plástico. (LIBENSON, 1941). **Industria papelera:** en su gran parte la caseína es utilizada en Fabrica aglutinantes que recubren el papel juntamente a la arcilla más distintos pigmentos. es utilizada una menor proporción como agente de encolado dentro de la **producción del papel:** cuadro. La pintura de caseína para interiores se ha utilizado durante mucho tiempo. Debido a su bajo costo, es fácil de aplicar. La pintura en emulsión de resina a base de aceite estabilizada con caseína recientemente descubierta también ha aumentado considerablemente la demanda de caseína. **Adhesivo:** Cola de caseína utilizados en la fabricación de muebles y uso doméstico. Es comercializada en manera de mezcla seca, que se disuelve al entrar en contacto con el agua anterior a eso. Aplicarlos. La caseína también se utiliza como adhesivo para preparar cemento de linóleo, cajas de cartón y pegamento para etiquetas, y como adhesivo para unir corchos y revestimientos de tapas de botellas. **Plásticos de caseína:** es especialmente adecuado para El botón está hecho porque es fácil de teñir, grabar y pulir, otra característica no inflamable. **textiles y fibras:** Caseína considerado emulsionante y estabilizante. Se utiliza como emulsión de aceite para aerosoles de pesticidas, apósitos de cuero, revestimientos especiales y diversas emulsiones industriales.

Tabla 11. Algunos usos tecnológicos de la caseína.

Producto	Propiedad	Aplicación

Envoltura	<ul style="list-style-type: none"> • Capacidad de formar películas • Adherencia 	<ul style="list-style-type: none"> • Pintura • Tinta • Papel • Embalaje • Acabado del cuero • Envoltura textil
Adhesivo	<ul style="list-style-type: none"> • Manejabilidad • Fuerza de adhesión • Resistencia al agua 	<ul style="list-style-type: none"> □ Cola con base acuosa
Plástico	<ul style="list-style-type: none"> • Buen procesado • Resistencia mecánica • Resistencia al agua 	<ul style="list-style-type: none"> • Plástico rígido • Plástico desechable • Fibra • Película/lámina de envoltura en embalajes
Surfactante	<ul style="list-style-type: none"> • Tensión superficial • Estabilidad de interfase 	<ul style="list-style-type: none"> □ Emulgente, detergente

Considerado (CID, 2017). La caseína también se agrega como aditivo con mortero y / o concreto, lo que puede tener un efecto positivo en ellos. Por ello, es de interés verificar si el uso de caseína como aditivo es razonable, y esto es lo que se realizará en este estudio. Para información sobre el uso de caseína en morteros para mejorar la trabajabilidad (RICO, y otros, 1984), toda la información proviene de: (GASPAR - TEBAR D, 1985); aditivos para hormigones, morteros y pastas. Normativa: clasificación y definiciones, Barcelona, España, 1985;" Productos o sustancias que cambian la reología del hormigón, mortero o pasta;

A veces se gestionan por rutas

Los usos diversos de la caseína (LIBENSON, 1941) Las proteínas digeridas por vía intravenosa y los productos de hidrólisis enzimática parcial también se pueden utilizar en medios de cultivo bacterianos industriales y de laboratorio. La caseína especialmente purificada se utiliza como fuente de proteínas y se alimenta a los animales de laboratorio en pruebas de vitaminas y otras. Algunas preparaciones farmacéuticas consideran a la caseína es portador de distintos elementos químicos considerados como la plata, taninos, hierro y entre otros, si se requiere la liberación gradual del fármaco. La caseína presenta tiroxina como también distintas componentes que promueven el metabolismo. También contienen algunas aplicaciones de preparación de emulsiones o cremas cosméticas.

PRODUCCION MUNDIAL DE LA CASEINA: Según (MORR, 1984 págs. 39-48), la producción mundial de caseína en 1983 fue de 2,2 a $2,6 \times 10^5$ toneladas, los principales países productores Nueva Zelanda y Australia produjeron 8×10^4 toneladas, la Comunidad Económica Europea produjo $1,08 \times 10^5$ toneladas y los $2,9 \times 10^4$ de Polonia corresponden a 36,66. Representaron el 44,58% y el 13,75% de la producción total mundial, respectivamente. La caseína y el caseinato como ingrediente funcional en los alimentos han adquirido una importancia considerable (MORR, 1984) Los usos de la caseína o el caseinato se pueden dividir en dos categorías: La primera categoría son aplicaciones no alimentarias. 40% del total, la segunda categoría se utiliza para aplicaciones no alimentarias. Los grupos que se utilizan ampliamente en las formulaciones alimentarias representan el 60% del total.

Subdivididos en el primer grupo, las principales aplicaciones son: 13% para uso medicinal, 7,0% para alimentación animal y 20% para uso industrial. Las aplicaciones en formulaciones alimentarias son la preparación de análogos de queso 32%, crema de café 9,6%, panificación 9,2%, postres 5,3% y otros usos 3,1% (MORR, 1984). En la actualidad, por sus propiedades físicas y funcionales, se ha incrementado el uso de caseína y / o caseinatos como películas comestibles, espesantes, estabilizantes, gelificantes y emulsionantes (Prestige Proteins 2003).

DEFINICION DE PAVIMENTOS: capa o un grupo de capas entre el lecho de la carretera y la superficie rodante del proyecto de la carretera, cuyo propósito es proporcionar una superficie rodante uniforme y resistir la intemperie causada por el tráfico de vehículos, factores naturales y cualquier otro factor destructivo. El pavimento también se denomina grupo de etapas de elementos selectos, con el propósito de percibir directamente cargas ocasionadas por tráfico estas mismas son mostradas las transmisiones a las capas inferior de manera disipadora, proporcionando una superficie rodante que debe operar de manera efectiva. Los parámetros considerados con la finalidad de el correcto resultado consideramos de importancia lo siguiente: ancho, recorrido horizontal y vertical, suficiente resistencia a la carga para evitar averías y grietas, y suficiente adherencia entre el vehículo y la carretera incluso en condiciones de humedad. Debe ser lo suficientemente resistente a las presiones destructivas del tráfico, el clima y el agua. Debe tener suficiente visibilidad y vistas agradables para no causar fatiga. A medida que la tensión en la superficie de la carretera disminuye al aumentar la profundidad, En la capa superior se debe colocar el material con mayor capacidad portante, el material colocado en el camino de tierra es de menor calidad y es el material más común en la naturaleza, por lo que son los más económicos. La estratificación realizada sobre el pavimento obedece a factores económicos, pues cuando determinamos el espesor de la capa, el objetivo es dotarla de un espesor mínimo para reducir el esfuerzo encima del recubrimiento de subyacente. Sus capacidades eléctricas dentro de las distintas superficies no dependerán de su elemento a componer, sino que el proceso de construcción también tiene una gran influencia; la compactación y la humedad son dos factores importantes, pues cuando el material no se puede contener adecuadamente, se solidificará. bajo carga, es decir, cuando se produce una deformación permanente. Tipo de pavimento a) Flexible. -Tienen carpetas de asfalto. b) Rigidez. -Dobladora de hormigón hidráulico. c) Otros. -Pavimentado, adoquinado, estampado. **a) Pavimento rígido.** El pavimento rígido consiste en losas de hormigón hidráulico, a veces con barras de acero. Su costo inicial es superior al de los pavimentos flexibles. Su vida útil es de entre 20 y 40 años, requiere un mantenimiento mínimo y solo (generalmente) en losa en las costuras,

b) Pavimentos Flexibles (RICO, y otros, 1984). Mencionaron que el pavimento flexible se construye sobre la base de la carretera, que está compuesta por una subbase, una base y una capa de asfalto. La capa externa del pavimento flexible consideramos que distribuyen uniformemente la carpeta de rodadura, con el fin de soportar las consecuencias de la carga, su exposición como también otros factores destructivos, compartir las resistencias de peso capacidad portante sobre vía de suelo natural. Sabemos que un pavimento flexible es más económico en la construcción inicial, y su vida útil es de entre 10 y 15 años, pero la desventaja es que necesita un mantenimiento continuo para alcanzar su vida útil. los pavimentos de esta clase se componen principalmente por capa asfáltica, capa base y capa subbase. En términos generales, un pavimento flexible consta de la superficie de un material grueso más la capa de superficie asfáltica soportada. Las principales características que debe reunir un pavimento flexible son las siguientes: **Resistencia estructural, Deformabilidad, Durabilidad, costo, y Requisitos de protección.**

Carpeta de rodadura: La abrazadera de la banda de rodadura está compuesta de mezcla asfáltica y corresponde a la capa superior de la estructura de la carretera. Debe tener una superficie de rodadura adecuada para el usuario. Es la capa que recibe directamente la carga del vehículo y la transmite a la capa inferior. (CORONADO, 2002) señaló que la función principal de la estera rodante es proteger la estructura del pavimento, y su superficie debe ser lo más impermeable posible para evitar la filtración de agua en la capa de partículas. Las esteras rodantes de pavimento flexible se clasifican en: **Mezcla asfáltica en caliente y Mezcla asfáltica en frío**

Base: La cimentación corresponde a la capa por debajo de la superficie de rodadura, es un elemento de resistencia cuya función principal es transferir y distribuir la fuerza generada por el tráfico a la capa de base, transfiriéndola así a la calzada. Este pavimento se divide en:

Figura 6. Tipos de bases

BASE GRANULAR:

- "Material constituido por piedra de buena calidad, triturada y mezclada con material de relleno o bien por una combinación de piedra o grava, con arena y suelo en su estado natural" (Coronado J, 2002, p.4 - Capítulo 5)

BASE ESTABILIZADA:

- Corresponde a una combinación de piedra triturada, material de relleno y productos estabilizadores manteniendo el propósito perfeccionar las calidades en estabilidad y soporte de las capas. Los productos estabilizadores son: Cemento Portland, cal y materiales bituminosos.

Fuente: autores (2019)

Subbase: es la capa entre la calzada y la capa base, es una capa granular que se encarga de soportar, transmitir y distribuir la carga del vehículo aplicada a las capas sobre la calzada. (MONTEJO, 2002):

Una calzada bien diseñada puede evitar que el material que constituye el fondo penetre en el material de la calzada. Por otro lado, como filtro de fondo, evita que el polvo fino de la calzada lo contamine y dañe su calidad; además, la capa base debe descargarse a través del tapete o La berma introduce agua y evita que la capilar suba.

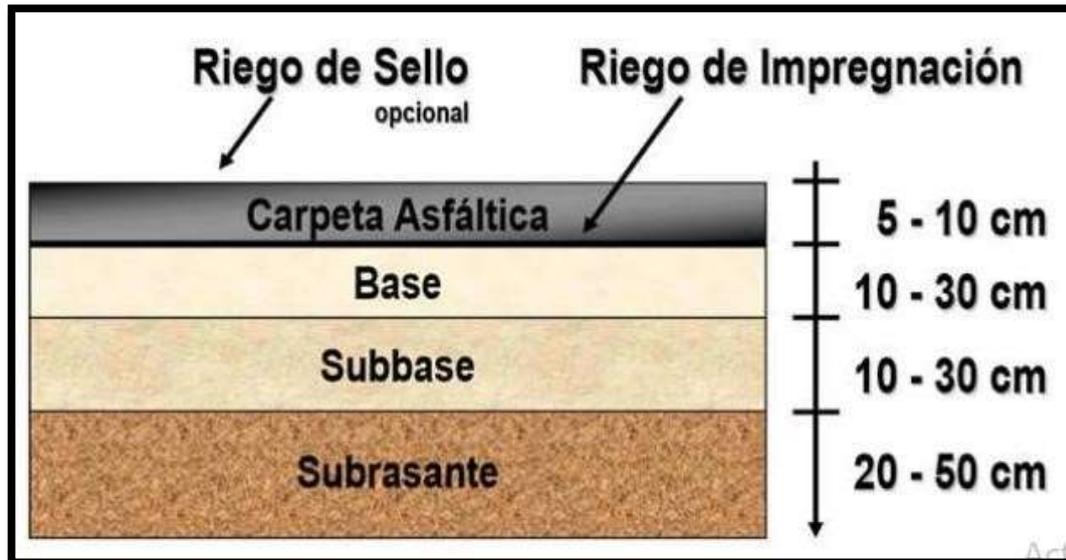
Subrasante: Es la superficie del terreno al final del movimiento de tierras y se encarga de soportar la estructura del pavimento (subbase, base y mordaza rodante). El espesor de las capas que componen la estructura del pavimento depende de la calidad de la calzada, pues si el material de la calzada es insuficiente, el pavimento necesita un espesor de capa mayor para soportar la carga requerida del vehículo; por ello, (CORONADO, 2002) señaló destacan que "el diseño de la carretera es esencialmente Ajustar la carga de diseño de cada rueda a la capacidad de la calzada". (Página 4-Capítulo 5).

Tabla 12. Funciones de las capas de la estructura del pavimento.

		FUNCIONES
Capas que conforman la estructura del pavimento	Carpet a de rodadura	Superficie de rodamiento adecuada para el tráfico.
		Superficie impermeable en lo mayor posible evitando filtraciones.
		Transmisión de esfuerzos a capas inferiores.
	Base	Transmisión y distribución de esfuerzos a la subbase.
	Subbase	Soporta, transmite y distribuye esfuerzos a la subrasante.
		Filtro que impide que el paso de material de la subrasante a la base contaminándola.
		Drena el agua que ingresa a la estructura.
		Impedir ascensión capilar
	Subrasante	Soporta la estructura del pavimento
Influye en el diseño de los espesores de las capas del pavimento.		

Fuente: Autores. (2019)

Figura 7: Estructura del pavimento.



Fuente: UNICON – Cementos Lima S.A.A., 2011

Estabilización de suelos Según (MTC, 2013), Díganos que la estabilización del suelo "se define como el aumento de la capacidad portante de un suelo por medio de procedimientos de adición de algún aditivo o combinación ya sean elementos extraídos naturalmente o sintéticos. Dichos estabilizadores se suelen utilizar en suelos con subrasantes insuficientes o pobres, en cuyo caso se denominan Estabilización de suelo de cemento, suelo de cal, suelo de asfalto y varios otros productos. Por otro lado, cuando la capa base granular o capa base granular se estabiliza, se obtiene como resultado elemento de una calidad superior, que es considerado capa base tratada o capa inferior con aspecto granulado. El obstáculo para mejorar un suelo incluye darles resistencia mecánica y la persistencia de estas propiedades en el tiempo. Estas técnicas son diversas y van desde agregar otro tipo de suelo hasta incorporar uno o más estabilizadores. No importa cuál sea el mecanismo de estabilización, el proceso de compactación se sigue de cerca.

Tipos de estabilizadores considerando las especificaciones de vías, pavimentos, Geotecnia y carreteras de 2013, (MTC, 2013) se mencionan los siguientes tipos de estabilizadores:

Estabilización por combinación de suelos: La estabilización del suelo toma en cuenta las dosificaciones de elementos de suelo existentes con proporción de elementos prestados. los suelos naturales serán descompuestos una profundidad de 15 cm, y luego se colocarán préstamos o materiales de relleno.

Estabilización por sustitución de los suelos: Cuando solo se considera el uso de materiales adicionales para construir una plataforma mejorada, pueden surgir dos situaciones, si la capa se construye directamente sobre el suelo natural existente o si debe excavar con anticipación y reemplazarse con materiales adicionales.

Suelos estabilizados con cal: Cuando el suelo se mezcla con cal, se produce una rápida reacción de floculación e intercambio iónico. Además del papel más importante de la cal en el suelo, su plasticidad ha sufrido cambios significativos.

Suelos estabilizados con cemento: El material llamado cemento para suelos se obtiene mezclando muy de cerca el suelo completamente descompuesto con cemento, agua y otros aditivos finales, luego compactando y curando completamente.

Suelos estabilizados con escoria: En suelos mejorados adicionando cantidades en proporción cal y escoria, su proporción en medida estimada del material escoria entre el 1,5% y el 3%, mientras que el porcentaje en volumen de escoria está entre el 35% y el 45%.

Estabilización con cloruro de sodio: Su propósito principal es; como base para el tráfico ligero y el control del polvo en superficies rodantes. También se utiliza en áreas secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación.

Estabilización con cloruro de magnesio: El cloruro de magnesio es más eficaz que el cloruro de calcio para aumentar la tensión superficial, lo que resulta en una superficie de carrera más dura.

Estabilización con geosintéticos: A diferencia del suelo, los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y un rendimiento y construcción de carreteras significativamente mejores.

Estabilización de suelos con polímeros: (VALLE, 2010), Tenga en cuenta que la fibra se usa a menudo para aumentar la resistencia del suelo y reducir la contracción. Es un nuevo método de mezclar fibra de polipropileno con cal, reduciendo así la cantidad de cal necesaria. También mencionó que, sin un tratamiento previo, la fibra aumenta la resistencia al corte del suelo natural, por lo que la combinación de cal y fibra permitirá la reducción de la cal necesaria para estabilizar el suelo.

Definición de polímero: (BELTRAN, M; MARCILLA, A., 2012) Un polímero es una macromolécula formada por la combinación repetida de una o más moléculas conectadas por enlaces covalentes. Según su origen, los polímeros pueden ser naturales o sintéticos. Los sintéticos generalmente contienen de uno a tres tipos diferentes de unidades repetidas, mientras que los biopolímeros naturales (como celulosa, ADN o proteínas) tienen estructuras más complejas. Desde un punto de vista comercial, los polímeros sintéticos están recibiendo más atención en la actualidad, por lo que solemos mencionarlos casi solo.

Ascensión Capilar en suelos: (BRAJA , 1999 pág. 33) En el suelo, sus espacios relacionados es considerado capilar de diferentes tamaños. El esfuerzo de la rigidez superior hace de que la humedad del suelo se eleve encima del agua subterránea.” Incluso si nunca ha oído hablar de la acción capilar, sigue siendo importante en su vida. La acción capilar es importante para mover el agua (y todas las cosas que se disuelven en ella). Se define como el movimiento del agua dentro de los espacios de un material poroso debido a las fuerzas de adhesión, cohesión y tensión superficial.

La acción capilar es la tendencia de un líquido a subir en tubos estrechos o ser atraído por pequeñas aberturas como las que se encuentran entre los granos de una roca. La acción capilar, también conocida como capilaridad, es el resultado de la atracción intermolecular dentro de los materiales líquidos y sólidos. Un ejemplo familiar de acción capilar es la tendencia de una toalla de papel seca a absorber un líquido al introducirlo en las estrechas aberturas entre las fibras.

Definición de absorción de un suelo: (NMX C 164 ONNCCE, 2002) La absorción se define como el aumento de peso del agregado poroso seco hasta que alcanza

la saturación con la superficie seca, lo que se debe a la penetración del agua en sus poros permeables.

La absorción de agua es el valor de humedad del agregado, cuando todos sus poros están llenos de agua, pero su superficie está seca. En este caso, se realiza un cálculo de dosis para hacer hormigón. Sin embargo, los agregados almacenados pueden tener cualquier contenido de humedad (estados 2 a 4). Si el contenido de humedad del agregado es menor que la tasa de absorción, se debe agregar más agua al concreto para compensar la humedad que absorberá el agregado. Por el contrario, si la humedad supera la absorción, es necesario reducir la cantidad de agua agregada a la mezcla, porque el agregado contribuirá al agua

El valor de absorción es un concepto necesario para que los ingenieros de construcción calculen la relación A / C de la relación de mezcla de hormigón, pero en algunos casos, también puede reflejar la estructura porosa que afecta la resistencia a las heladas y el deshielo del hormigón.

Por lo general, (ASTM D 4469, 2002) no se establece un límite aceptable de absorción porque depende no solo de la porosidad de la roca, sino también de otros aspectos como la distribución del tamaño de las partículas, el contenido de polvo fino, el tamaño máximo de los agregados y la forma de las partículas. Sin embargo, se pueden considerar rocas de buena calidad como aquellas con una tasa de absorción de menos del 3% para agregados gruesos y menos del 5% para agregados finos.

La tasa de absorción de agua del agregado grueso se puede expresar arbitrariamente como el agua que ingresa a los poros o capilares durante el período de remojo de 24 horas, y se calcula en base al peso del agregado seco de la siguiente manera:

$$\text{Absorción} = ([B - A] / A) * 100$$

La tasa de absorción del agregado fino de origen natural es del 0,8% al 1,3%, la tasa de absorción del agregado finamente dividido es del 0,9%, la tasa de absorción del agregado grueso como los guijarros es del 0,2% y la tasa de absorción del

agregado grueso de la piedra triturada es 0.8%, granito 0.8%, cuarcita 1.8% y basalto 1.6%.

La tasa de absorción de los agregados de origen artificial suele ser muy alta, por ejemplo, la tasa de absorción de escoria o arcilla expandida es de aproximadamente el 15%.

III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Se considera el nivel de investigación aplicada para esta tesis (CONCYTEC 2018), para (Borja, 2012, p.10) considera investigar entender diseñar y mejorar casos reales que presentan problemas sociales, interesado en dar solución inmediata dejando de lado indagar teorías con respecto al bienestar de los valores universales. por otro lado, (Sánchez 1998) considera también productivo y útil, porque su interés es utilizar los conocimientos teóricos en realidades concretas ya que las prácticas se obtienen de ello. Asimismo, enfoca la utilización rápida en el contexto ambiental más que en el avance de la intuición del valor mundial.

Para la presente tesis se opta por **cuasi experimental**, ya que se controlarán los factores exógenos a las variables dependiente e independiente. Según (ARIAS, 2012) una investigación es experimental por que la variable independiente (aplicación de caseína) ha sido sometido a diferentes dosificaciones con la finalidad de ver las reacciones o modificaciones que se pudieran presentar en las variables dependientes (Mejoramiento de suelo para incrementar CBR),

3.2 Variable y Operacionalización

Variable independiente

Aplicación de Caseína: La caseína es un biopolímero de tipo proteico que consta de aproximadamente 24,4 kg de 1 tonelada de leche. la caseína se introduce como un nuevo aglutinante para el fortalecimiento del suelo en ingeniería. La caseína bovina se proporciona en estado de solución para una mezcla adecuada con el suelo. Los resultados experimentales muestran un fortalecimiento significativo del suelo inducido por el tratamiento con caseína (CHANG, y otros, 2018)

Variable dependiente mejoramiento de suelo para incrementar CBR:

(FERNANDEZ, 1982) EI

Mejoramiento del suelo es un proceso en el que el suelo natural se ha sometido a algunas operaciones o tratamientos para aprovechar su mejor calidad para obtener la capa de asiento. Resistente y duradero, capaz de soportar el impacto del tráfico y las condiciones de un clima más duro.

Tabla 13: Operacionalización de las variables

"Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el Valor soporte del CBR en subrasante aplicando Caseína. Cusco - 2021"

VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Independiente: Aplicación de Caseína	La caseína es un biopolímero de tipo proteico que consta de aproximadamente 24,4 kg de 1 tonelada de leche. la caseína se introduce como un nuevo aglutinante para el fortalecimiento del suelo en ingeniería. La caseína se proporciona en estado de solución para una mezcla adecuada con el suelo. Los resultados experimentales muestran un fortalecimiento significativo del suelo inducido por el tratamiento con caseína (CHANG, y otros, 2018)	Resistencia del suelo a la penetración	Resistencia CBR	% en peso	Intervalo
Dependiente: Mejoramiento de Suelo para Incrementar CBR	(FERNANDEZ, 1982) EI Mejoramiento del suelo es un	Resistencia del suelo a la penetración	Resistencia CBR	CBR %	Intervalo
	Subida del agua proceso en el que el suelo natural por los se ha sometido a algunas meniscos operaciones o tratamientos para aprovechar su mejor calidad para la capa de asiento.		Ascensión capilar	Ascensión %	Intervalo
	Resistente y duradero, capaz de soportar el impacto del tráfico y las condiciones de un clima más duro.	Cantidad de agua que	Absorción	Absorción %	Intervalo

absorbe el
suelo en 24
horas de
inmersión

Fuente: propia

3.3. Población, muestra y muestreo

Población

Para Hernández, Fernández y Baptista (2014), Es un grupo total de individuos, objetos o medidas con ciertas características comunes que son observables en el lugar donde se realizará la encuesta y en un momento específico (p.174).

Por lo tanto, la población de estudio se consideró el suelo de subrasante de la APV Huaynacapac calle 4 alto Qosqo San Sebastian Cusco.

Muestra

Para (Hernández et al. 2014 p. 175) Se determina que las pruebas son consideradas como subgrupo de la sociedad estos cuyos deberán ser acopiados, seguidamente debe estar delimitada considerando la exactitud anticipadamente y ser representativa de esta población. Consideramos en esta investigación como la muestra de tres calicatas en la calle 4 alto Qosqo San Sebastián Cusco.

Muestreo

Según (John W. Creswell 2008) define el muestreo no probabilístico o muestreo por conveniencia como un procedimiento de muestreo cuantitativo mediante el cual los investigadores seleccionan a los participantes porque están dispuestos para ser estudiados.

consideramos en esta investigación como la muestra por conveniencia, por la muestra obtenida desde una calicata. en el cual se considerará diferentes proporciones de Caseína. La dimensión de la prueba es determinada considerando la teoría no probabilística.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Según (Hernández et al. 2014) **Técnicas** considerados procedimiento o forma particular de obtener datos o información. Instrumentos cualquier recurso dispositivo o formato, que se utiliza para obtener, registrar o almacenar información. (p 252, 199) consideramos como el principal método considerado será recolección de información con respecto a la tesis es la observación estructurada a través de formatos estándar de ingeniería. Los **instrumentos** de recolección de datos serán los formatos de laboratorio validados por expertos.

3.5. Procedimientos

De acuerdo con la hoja de verificación de uso estándar y otros instrumentos, se analizaron las muestras obtenidas en el lugar, se realizó un análisis estadístico en el laboratorio y se confirmó la influencia de la Caseína en la estabilidad del suelo bajo incorporación de diferentes porcentajes de Caseína.

3.6. Método de análisis de datos

la informacionales recaudada como resultado la realización de la presente tesis titulado como, Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el valor soporte del CBR de subrasante aplicando Caseína, Cusco – 2021. Se realizó la aplicación de los ensayos de PDC, ensayos de resistencia CBR, ensayos de ascensión capilar y ensayos de absorción que nos permitirán determinar con

certeza y confiabilidad sobre los valores obtenidos de cada ensayo realizado para los resultados.

3.7. Aspectos éticos

En esta tesis elaborada en la actualidad, considere partir por los siguientes aspectos Ética para recopilar la información que se necesita actualmente Investigar y respetar los derechos de autor en consecuencia. sí La información citada en este artículo de investigación se cita Con cada autor que pueda obtener información relevante Para este trabajo de investigación, se utilizará el estándar ISO 3495 hindú con el fin de Asegurar la validez y confiabilidad de la información proporcionada.

IV. RESULTADO

se consideran estos resultados del presente trabajo de investigación titulado "Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR en subrasantes aplicando Caseína. Cusco - 2021" con la finalidad de dar respuesta a las hipótesis planteadas

Tomando en cuenta Para el trabajo de laboratorio un punto de investigación es decir 01 calicata con una profundidad de 1,50 metros por 1 metro de ancho. (MTC, 2013 pág. 30) Las especificaciones indican que se considera para vías de clase uno deben considerarse al menos 04 calicatas cada 1 kilómetro, en esta oportunidad se consideró ya que hay 01 fosas en una determinada calle de la sección de investigación. Se tomó una muestra representativa de la calicata para que pueda ser analizada en el laboratorio. Sus propiedades físicas y mecánicas.

el ensayo que se considero fue PDC, (ASTM D 6951-09) un penetrómetro dinámico o una prueba o prueba de penetración dinámica es un tipo de prueba de penetración que se utiliza para determinar sus características físicas y mecánicas de dicho terreno. consisten en introducir elementos permeables en el terreno, generalmente de forma cónica, conectados entre sí. cadena. el accionamiento se logra golpeando la cabeza ubicada en la parte superior de la biela con un martillo de un peso específico. el martillo se eleva a una altura determinada y cae libremente. el resultado de la prueba es el número de golpes necesarios para que el penetrómetro entre en una cierta profundidad.

Los datos que fueron recolectados como resultado de los ensayos de laboratorio se han presumido se pueden apreciar en la siguiente tabla.

Tabla 14. Resumen de los resultados de laboratorio.

N	Caseína (%)	Caseína (g)	Suelo (g)	Agua (g)	Caseína (%)	Caseína (g)	Lectura Inicial	lectura N° 1	lectura N° 2	lectura N° 3	Peso Molde + Suelo	Altura humeda N°1	Altura humeda N° 2	Alt_prom	Dh (g/cm3)	Ds (g/cm3)	DCPI PROM (mm)	CBR PDC ASTM D6951 USACE) (%)	CBR LAB SUMERGIDO (ASTM D1883 (%) Ref. 1
N1	0	0	800	112	0%	0	7.70	9.50	10.50	11.40	2421	86.94	83.17	85.06	1.95	1.94	12.3	17.5	6.6
N2	0	0	800	112	0%	0	7.95	9.45	10.40	11.35	2424	86.73	79.68	83.21	1.95	1.95	11.3	19.3	6.9
N3	0	0	800	112	0%	0	7.51	8.95	10.10	11.00	2430	87.28	87.30	87.29	1.97	1.97	11.6	18.7	6.8
N4	2	16	800	96	2%	16	7.80	8.81	8.81	10.61	2420	46.24	44.40	45.32	1.94	1.94	9.4	23.8	7.7
N5	2	16	800	96	2%	16	7.30	8.55	9.45	10.15	2430	44.04	41.63	42.84	1.97	1.97	9.5	23.5	7.7
N6	2	16	800	96	2%	16	7.65	8.75	9.65	10.50	2438	37.26	35.22	36.24	1.99	1.99	9.5	23.5	7.7
N7	5	40	800	72	5%	40	7.35	8.70	9.50	10.25	2436	21.67	24.97	23.32	1.99	1.99	9.7	23.0	7.6
N8	5	40	800	72	5%	40	7.00	8.45	9.45	10.25	2431	29.57	25.29	27.43	1.97	1.97	10.8	20.3	7.1
N9	5	40	800	72	5%	40	7.40	8.55	9.45	10.15	2436	23.39	27.09	25.24	1.99	1.99	9.2	24.4	7.8
N10	12	96	800	16	12%	96	7.70	9.00	9.85	10.50	2434	28.44	28.44	28.44	1.98	1.98	9.3	23.9	7.8
N11	12	96	800	16	12%	96	7.85	9.00	9.90	10.65	2425	20.32	20.28	20.30	1.96	1.96	9.3	23.9	7.8
N12	12	96	800	16	12%	96	7.90	9.05	9.95	10.70	2436	28.12	28.00	28.06	1.99	1.99	9.3	23.9	7.8

Conforme se aprecia, se han llevado a cabo 12 ensayos para determinar el CBR sumergido de 12 muestras, asimismo, se han realizado 12 ensayos de succión capilar para el mismo número de muestras.

1.- Como resultado del objetivo general.

Conforme se observa se ha determinado tanto la intercepción como el coeficiente de la caseína, la intercepción asciende a 7.14, mientras que el coeficiente de la caseína asciende a 0.059. En ambos casos los parámetros tienen un p-value pequeño menor al nivel de significancia primigenia mente establecido para la investigación el cual asciende a 0.05. Con los parámetros anteriores se puede establecer la ecuación del modelo CBR sumergido.

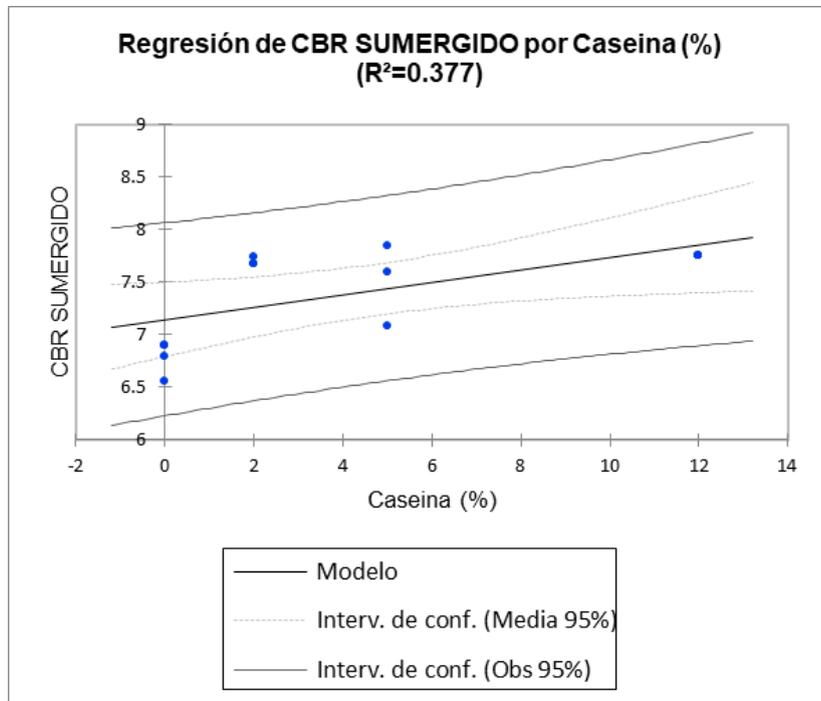
$$\text{CBR} = 7.144 + 0.059 * \text{Caseína (\%)}$$

conforme se aprecia el CBR natural del suelo cuando no se le agrega caseína asciende a 7.14 por ciento, por otro lado, el modelo matemático precedente indica que cuando se incrementa un 1% de caseína en peso seco del suelo, este eleva su CBR en 0.059, esto demuestra que la caseína incrementa el CBR.

Gráfico de la regresión.

A continuación. se plasma el gráfico de la regresión lineal que se obtuvo con los resultados del ensayo.

Gráfico uno. Regresión del CBR.



Conforme se aprecia la regresión lineal muestra una línea con pendiente positiva en cuyo eje horizontal está la dosis de caseína que va de valores de cero a 14, mientras que en el eje vertical está el CBR sumergido con valores que van de seis a nueve. La pendiente positiva de la recta de regresión indica que existe una relación directa entre el CBR y la caseína, en otras palabras, la caseína aumenta el deber.

2.- Como resultado del objetivo específico 1.

Resultados del CBR.

Los resultados de CBR obtenidos a través del método PDC fueron transformados a su valor equivalente al ensayo CBR tradicional sumergido, a través de la ecuación que se halla en la norma ASTM D 1883. Asimismo, para la determinación de la ascensión capilar se ha medido la altura que el agua ascienden cada muestra al ser sometida a una película de agua de 1 cm de altura durante 30 minutos.

Estadística descriptiva de los resultados de CBR.

La estadística descriptiva de los valores de CBR alcanzados en todos los ensayos considerado en la presentes tabla.

Tabla 15. Estadística descriptiva de los resultados de CBR

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Mediana	Desv. típica
CBR LAB SUMERGIDO	12	0	12	6.551	7.842	7.426	0.459
Caseína (%)	12	0	12	0.000	12.000	4.750	4.751

Conforme se apreció el CBR mínimo medido ha sido de 6.6 por ciento y el máximo de 7.8 por ciento, con una desviación estándar de 0.46.

Matriz de correlaciones.

Seguidamente, se muestran los resultados de la correlación entre el CBR y la dosis de caseína aplicada a cada muestra.

Tabla 16. Correlación del CBR

	Caseína (%)	CBR LAB SUMERGIDO
Caseína (%)	1	0.614
CBR LAB SUMERGIDO	0.614	1

Conforme se aprecia, el CBR sumergido tiene una correlación positiva alta y significativa con la dosis de caseína, esta correlación asciende a 0.614, lo que indica que a más caseína mayor CBR se alcanza.

Resultados de la regresión del CBR sumergido con el porcentaje de caseína.

Para continuar con el análisis de los datos se realizó una regresión lineal por medio de un análisis de variantes, los resultados de la regresión se aprecian en la siguiente tabla dos

Tabla 17. Bondad de ajuste de la regresión de CBR

Observaciones	12
Grados de libertad	10
R ² (coeficiente de determinación)	0.377
R ² ajustado	0.315
RMSE	0.380
MAPE (error porcentual)	4.231
Q ² (poder de predicción del modelo)	0.163

Conforme se aprecia, el coeficiente de determinación R² para la regresión lineal asciende a 0.38, es decir, que la caseína explica hasta el 38% del cambio o incremento de CBR en las muestras.

Análisis de varianza CBR sumergido.

A continuación, se muestran los resultados del análisis de varianza ANOVA, de los resultados de los ensayos.

Tabla 18. Significancia del análisis de varianza.

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	0.875	0.875	6.050	0.034
Error	10	1.446	0.145		
Total corregido	11	2.320			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Como se ve, el modelo matemático establecido por la regresión lineal alcanza pvalue de 0.034 que es menor al nivel de significancia establecido para la presente investigación el cual es 0.05, por lo tanto, se puede afirmar que el modelo es significativo y explica bien el cambio en las variables.

Parámetros del modelo CBR sumergido.

A continuación, se enumeran los parámetros del modelo de CBR como resultado de la regresión lineal de los valores del ensayo.

Tabla 19. Parámetros del modelo CBR

Fuente	Valor	Error estándar	t	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	7.144	0.159	45.017	<0.0001	6.791	7.498
Caseína (%)	0.059	0.024	2.460	0.034	0.006	0.113

Conforme se observa se ha determinado tanto la intercepción como el coeficiente de la caseína, la intercepción asciende a 7.14, mientras que el coeficiente de la caseína asciende a 0.059. En ambos casos los parámetros tienen un p-value pequeño menor al nivel de significancia primigenia mente establecido para la investigación el cual asciende a 0.05. Con los parámetros anteriores se puede establecer la ecuación del modelo CBR sumergido.

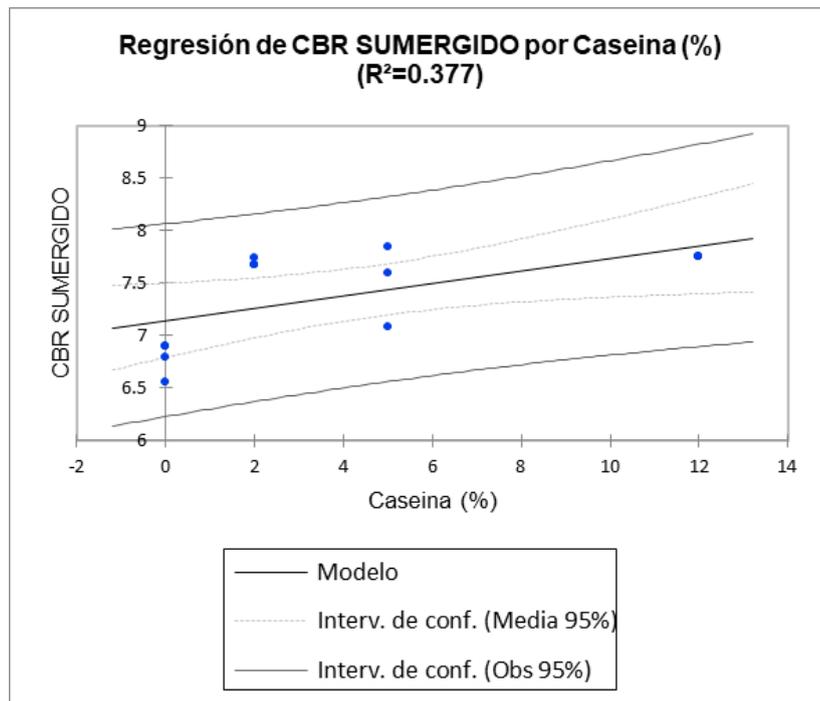
$$\text{CBR} = 7.144 + 0.059 * \text{Caseína (\%)}$$

conforme se aprecia el CBR natural del suelo cuando no se le agrega caseína asciende a 7.14 por ciento, por otro lado, el modelo matemático precedente indica que cuando se incrementa un 1% de caseína en peso seco del suelo, este eleva su CBR en 0.059, esto demuestra que la caseína incrementa el CBR.

Gráfico de la regresión.

A continuación. se plasma el gráfico de la regresión lineal que se obtuvo con los resultados del ensayo.

Gráfico dos. Regresión del CBR.

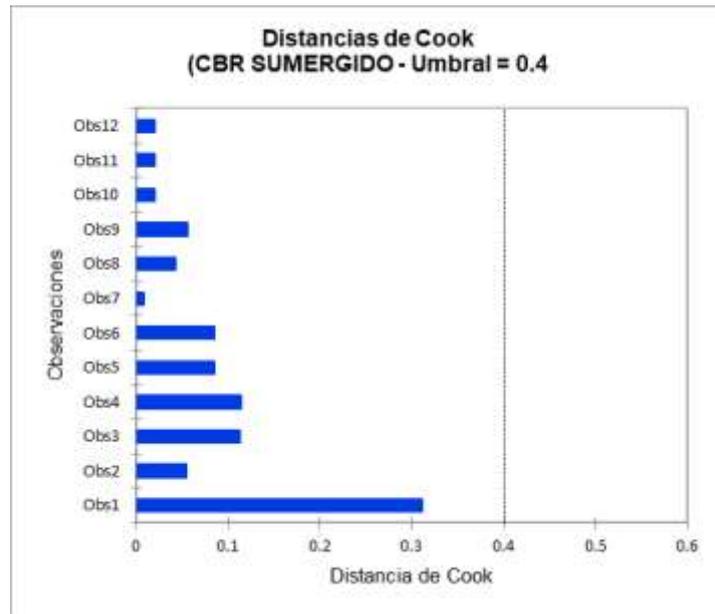


Conforme se aprecia la regresión lineal muestra una línea con pendiente positiva en cuyo eje horizontal está la dosis de caseína que va de valores de cero a 14, mientras que en el eje vertical está el CBR sumergido con valores que van de seis a nueve. La pendiente positiva de la recta de regresión indica que existe una relación directa entre el CBR y la caseína, en otras palabras, la caseína aumenta el deber.

Distancias de Cook de la regresión.

Con la finalidad de determinar si existen resultados de ensayos con valores atípicos, se plasma continuación el gráfico de distancias de Cook.

Gráfico tres. Distancias de Cook de la regresión.



Conforme se aprecia ninguna de las instancias de Cook excede el umbral de 0.4, por lo cual todas son favorables no hay necesidad de suprimir ninguna, aún cuando la observación uno parece ser la más alejada dentro de los resultados.

3.- Como resultado del objetivo específico 2.

Ascensión Capilar.

A continuación, se detallan los resultados para las mediciones de la Ascensión capilar en las muestras ensayadas.

Estadística descriptiva de los resultados.

En la siguiente tabla se muestran los estadísticos calculados para los resultados de los 12 ensayos de ascensión capilar llevados a cabo en laboratorio.

Tabla 20. Estadística de los resultados de ascensión capilar

Variable	Observaciones	Obs. con datos perdidos	Obs. sin datos perdidos	Mínimo	Máximo	Media	Desv. típica
Alt_prom	12	0	12	20.300	87.290	44.395	25.708
Caseína (%)	12	0	12	0.000	12.000	4.750	4.751

Conforme se aprecia, la altura capilar máxima medida asciende al 87.29 milímetros, mientras que la altura capilar mínima asciende a 20.3 milímetros. La desviación típica de las mediciones de altura capilar está en 25.7.

Matriz de correlaciones.

Asimismo, se ha determinado la correlación existente entre la dosis de caseína y la altura de Ascensión capilar medir, los resultados se aprecian a continuación.

Tabla 21. Correlación de la caseína con Ascensión capilar.

	Caseína (%)	Alt_prom
Caseína (%)	1	-0.729
Alt_prom	-0.729	1

Conforme se observa la dosis de caseína tiene una correlación negativa fuerte que asciende a -0.729, quiere decir que mientras más caseína tenían las muestras menor altura capilar ascendió el agua.

Resultados de la regresión de ascensión capilar con el porcentaje de caseína.

Con la finalidad de determinar la influencia de la caseína en la Ascensión capilar se hizo una regresión lineal cuyos resultados de ajuste se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 22. Bondad de ajuste de la regresión lineal de la Ascensión capilar.

Observaciones	12
Grados de libertad	10
R ² (coeficiente de determinación)	0.532
R ² ajustado	0.486
RMSE	18.44
MAPE (error porcentual)	42.33
<u>Q² (poder de predicción del modelo)</u>	<u>0.343</u>

Conforme se aprecia el coeficiente de determinación R² calculado para la regresión asciende a 0.532, esto quiere decir que la disminución en la Ascensión capilar está explicada por la presencia de la caseína hasta en un 53.2 por ciento.

Análisis de varianza ascensión capilar.

A continuación, se especifican los resultados del análisis de variantes a para la Ascensión capilar.

Tabla 23. Análisis de variantes de la Ascensión capilar

Fuente	GL	Suma de cuadrados	Cuadrados medios	F	Pr > F
Modelo	1	3869.875	3869.875	11.381	0.007
Error	10	3400.195	340.020		
Total corregido	11	7270.070			

Calculado contra el modelo $Y=Media(Y)$

Conforme se aprecia, el modelo matemático obtenido a través de la regresión lineal alcanza un p-value igual a 0.007, el cual es menor al nivel de significancia establecido al principio de la investigación como 0.05, con lo que el modelo se puede dar como válido.

Parámetros del modelo ascensión capilar.

Enseguida, se muestran los parámetros del modelo matemático para la Ascensión capilar en función de la cantidad de caseína presente en las muestras.

Tabla 24. Parámetros del modelo de Ascensión capilar

Fuente	Valor	Error estándar	T	Pr > t	Límite inferior (95%)	Límite superior (95%)
Intercepción	63.149	7.697	8.205	<0.0001	46.000	80.298
Caseína (%)	-3.948	1.170	-3.374	0.007	-6.556	-1.341

Así como se ve, el modelo tiene una intercepción de 63.15, mientras que el coeficiente para la caseína alcanza un valor de -3.948, ambos parámetros son significativos dado que tienen un p-value menor a 0.05. Con estos parámetros se puede plantear la ecuación del modelo ascensión capilar sumergido:

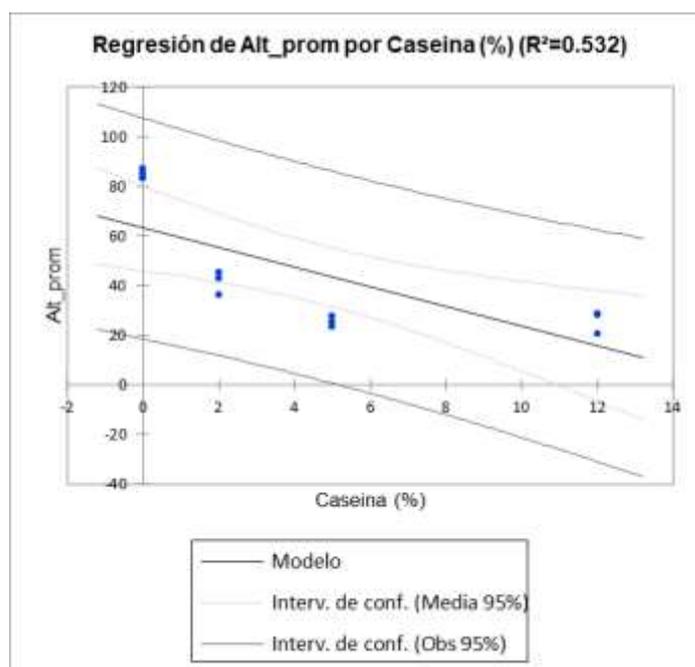
$$\text{Ascensión capilar} = 63.149 - 3.948 * \text{Caseína (\%)}$$

Conforme se aprecia, la Ascensión capilar del suelo natural cuando no está presente la caseína asciende a 63.149 milímetros, por otro lado, cuando se incrementa un 1% de caseína en proporción al peso seco del suelo a las muestras la Ascensión capilar aproximadamente 4 mm, comprueba que la caseína impermeabiliza el suelo.

Gráfico de la regresión.

A continuación, se aprecia la recta de regresión con los resultados de laboratorio para la Ascensión capilar.

Gráfico cuatro. Recta de regresión para la Ascensión capilar

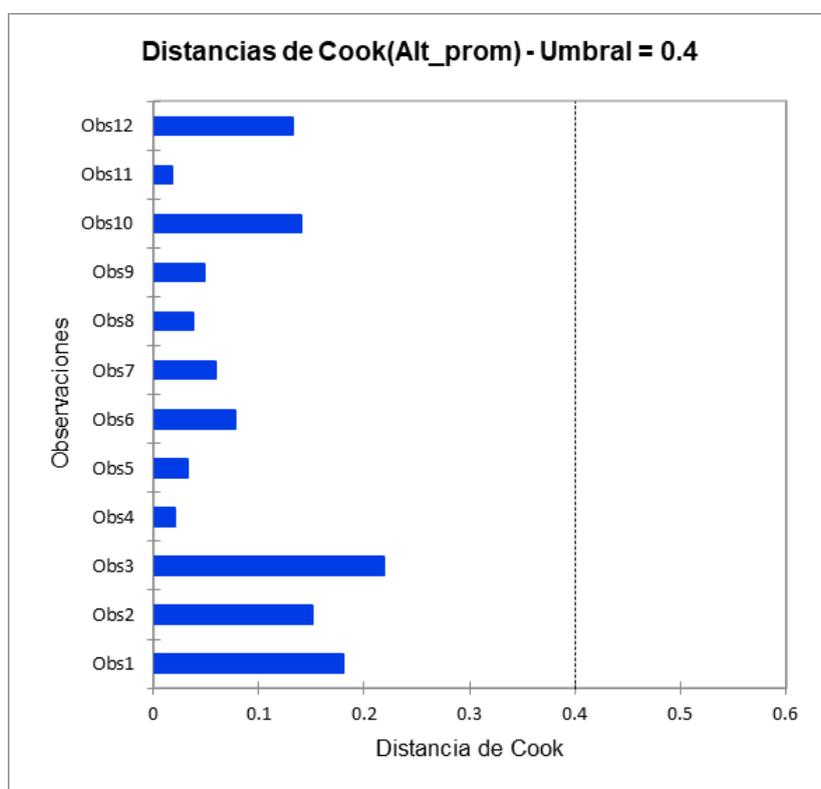


Tal como se evidencia, la recta de regresión tiene una pendiente negativa, esto significa que a mayor cantidad de caseína presente en el suelo la altura de Ascensión capilar disminuye.

Distancias de Cook de la regresión.

Para verificar si existen valores atípicos en la regresión se trazaron las distancias de Cook de los valores de los ensayos, esto se muestra a continuación.

Gráfico Cinco. Distancias de Cook de la regresión de altura de Ascensión capilar.



Tal como se evidencia ninguno de los valores determinados en el laboratorio para la Ascensión capilar excede el umbral de 0.4, por lo tanto, no hay valores atípicos y se trabaja con todos los resultados.

4.- Como resultado del objetivo específico 3.

Resultados de absorción

Tabla 25. porcentaje de absorción

N°	SUMERGIDO 1 24 HORAS	Caseína %	Absorción
		0%	100%
2	24 HORAS	0%	100%
3	24 HORAS	0%	100%
4	24 HORAS	2%	100%
5	24 HORAS	2%	100%
6	24 HORAS	2%	100%
7	24 HORAS	5%	100%
8	24 HORAS	5%	100%
9	24 HORAS	5%	100%
10	24 HORAS	12%	100%
11	24 HORAS	12%	100%
12	24 HORAS	12%	100%

conforme se aprecia los resultados de absorción obtenidos una vez sumergido las muestras durante 24 horas con incorporación de caseína al 2 %, 5%, 12% pudimos visualizar las distintas reacciones mientras transcurría el tiempo obteniendo la muestra con absorción al 100% determinando de esta manera que la caseína no afecta la propiedad de absorción que tienen los suelos limo arcillosos.

V. DISCUSIONES

1. objetivo general. La intención de mejorar el suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR de subrasante aplicando caseína, cusco -2021 motivo del presente trabajo el cual demostró que se han determinado tanto la tasa de interceptación como el coeficiente de caseína, la cantidad de interceptación es 7.14 y el coeficiente de caseína es 0.059. En ambos casos, el valor p del parámetro es menor que el nivel de significancia establecido originalmente para la encuesta, que es 0.05. Con los parámetros anteriores, se pueden establecer las ecuaciones del modelo CBR submarino. $CBR = 7.144 + 0.059 * \text{Caseína (\%)}$ Dado que el CBR natural del suelo sin agregar caseína es 7.14%, por otro lado, el modelo matemático anterior muestra que cuando el peso seco de caseína en el suelo aumenta en 1%, aumenta el CBR en 0.059., Lo que muestra que la caseína aumenta el CBR. podemos indicar sobre los resultados que tienen relación con lo indicado por (HADI, y otros, 2018) quienes al estudiar Se introdujeron nuevos biopolímeros a base de proteínas para estabilizar las dunas de arena. Dado que los materiales estabilizadores de suelos tradicionales, especialmente el cemento, tienen efectos nocivos sobre el medio ambiente, este estudio utiliza biopolímeros de caseína y materiales alternativos respetuosos con el medio ambiente para reducir los problemas medioambientales. El biopolímero de caseína extraído de la leche se añadió a la arena de las dunas y se estudiaron las propiedades mecánicas de la arena tratada con el biopolímero mediante una serie de pruebas de laboratorio. Los efectos del contenido de biopolímero, el tiempo de curado, la temperatura de curado y el contenido de emulsión de grasa sobre el refuerzo de arena se estudiaron mediante pruebas de compresión no confinada. Los resultados muestran que la resistencia a la compresión de la arena tratada con biopolímero aumenta con la extensión del tiempo de curado y el aumento del contenido de biopolímero. Además, la temperatura puede aumentar efectivamente la resistencia a la compresión de las muestras tratadas con caseína. Se estima que el efecto positivo de la temperatura de curado sobre la resistencia a la compresión del suelo modificado es tan alto como 60 ° C. Además, se llevaron a cabo pruebas de corte directo, pruebas de lixiviación y pruebas de proporción, California Freight Forwarders (CBR). Utilice imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM)

para realizar observaciones microscópicas. En términos generales, los biopolímeros a base de proteínas tienen un gran potencial como aditivos para el tratamiento de suelos y pueden reemplazar ciertos materiales, como el cemento y los polímeros químicos. La prueba de lixiviación y la prueba de relación de carga de California (CBR) se combinan con la observación microscópica a través de imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM). En términos generales, los biopolímeros a base de proteínas tienen un gran potencial como aditivos para el tratamiento de suelos y pueden reemplazar ciertos materiales, como el cemento y los polímeros químicos. **Con respecto a lo mencionado en la hipótesis general se valida La aplicación de caseína como mejorador del CBR en un suelo limo arcilloso de subrasante tiene un efecto significativo**

2. Objetivo específico uno. Por otro lado, Con la finalidad de Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora el Valor Soporte del CBR de un suelo limo arcilloso de la subrasante Cusco – 2021 finalidad del presente trabajo el cual demostró que conforme se aprecia el CBR natural del suelo cuando no se le agrega caseína asciende a 7.14 por ciento, por otro lado, el modelo matemático precedente indica que cuando se incrementa un 1% de caseína en peso seco del suelo, este eleva su CBR en 0.059, esto demuestra que la caseína incrementa el CBR. Conforme se aprecia la regresión lineal muestra una línea con pendiente positiva en cuyo eje horizontal está la dosis de caseína que va de valores de cero a 14, mientras que en el eje vertical está el CBR sumergido con valores que van de seis a nueve. La pendiente positiva de la recta de regresión indica que existe una relación directa entre el CBR y la caseína, en otras palabras, la caseína aumenta el CBR. Estos resultados guardan relación con lo mencionado por (FERNANDEZ, 1982) los polímeros químicos. La prueba de lixiviación y la prueba de relación de carga de California (CBR) se combinan con observaciones microscópicas a través de imágenes de microscopio electrónico de barrido (SEM). En términos generales, los biopolímeros a base de proteínas tienen un gran potencial como aditivos para el tratamiento de suelos y pueden reemplazar ciertos materiales, como el cemento y los polímeros químicos. **Con relación a lo mencionado en la hipótesis específica uno. Se validar que La aplicación de caseína mejora el CBR del suelo limo arcilloso de la subrasante.**

3. objetivo específico dos. A si mismo con el fin de Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora en la ascensión capilar de un suelo limo arcilloso de las subrasantes Cusco – 2021 motivo del presente trabajo el cual demostró. Conforme se aprecia, la altura capilar máxima medida asciende al 87.29 milímetros, mientras que la altura capilar mínima asciende a 20.3 milímetros. La desviación típica de las mediciones de altura capilar está en 25.7. se observa la dosis de caseína tiene una correlación negativa fuerte que asciende a -0.729, quiere decir que mientras más caseína tenían las muestras menor altura capilar ascendió el agua, la Ascensión capilar del suelo natural cuando no está presente la caseína asciende a 63.149 milímetros, por otro lado, cuando se incrementa un 1% de caseína en proporción al peso seco del suelo a las muestras la Ascensión capilar aproximadamente 4 mm, comprueba que la caseína impermeabiliza el suelo. Estos resultados podemos relacionar con lo mencionado por (CHANG, y otros, 2018) La caseína es un biopolímero a base de proteínas, que contiene aproximadamente 24,4 kg por tonelada de leche. En este estudio, la caseína se utilizó como un nuevo aglutinante para el refuerzo del suelo y la gestión de residuos lácteos en ingeniería. La caseína se proporciona en estado de solución para que pueda mezclarse adecuadamente con el suelo. Prepare mezclas de caseína-suelo con diferentes contenidos de caseína para evaluar la resistencia a la compresión no confinada en condiciones secas y sumergidas. Los resultados experimentales muestran que incluso después de 24 horas de rehumectación, el tratamiento con caseína puede fortalecer significativamente el suelo, lo que significa el potencial de usar la mezcla de caseína y suelo con fines de impermeabilización. Proporciona un análisis de viabilidad del uso de caseína en productos lácteos y desechos lácteos a partir de aspectos de ingeniería y ambientales sociales, y muestra las oportunidades y desafíos futuros del reciclaje de caseína como aglutinante de suelos en la práctica de la ingeniería. **Con respecto a lo indicado en la hipótesis específica dos. Validamos que La aplicación de caseína mejora la ascensión capilar del suelo limo arcilloso de las subrasantes**

3. objetivo específico tres. Por otro lado, con la finalidad de Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora la absorción de un suelo limo arcilloso de la subrasante. conforme se aprecia los resultados de absorción obtenidos posterior al haberse sometido al agua durante 24 horas con incorporación de caseína al 2 %, 5%, 12% obteniendo resultados no favorables a lo esperado puesto que las muestras demuestran que cuentan con absorción al 100% determinando de esta manera que la caseína no afecta la absorción del suelo estos resultados podemos relacionarlos con (CID, 2017) indica en su trabajo de investigación que no se recomienda utilizar caseína como aditivo para morteros u hormigón a menos que se haya realizado antes una nueva investigación y se haya obtenido un resultado positivo relacionado principalmente con las propiedades mecánicas de estos materiales. Y incorporando más % de caseína **con relación a lo indicado en la hipótesis específica tres. que la aplicación de la caseína no afecta la propiedad de absorción de un suelo limo arcilloso de la subrasante en Alto Qosqo, San Sebastián. Cusco - 2021**

VI. CONCLUSIONES

1. según el objetivo general. En esta tesis se mejoró el suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR de subrasante aplicando caseína, al 2%, 5%, 12%, Conforme se observó la intercepción como el coeficiente de la caseína, la intercepción asciende a 7.14, mientras que el coeficiente de la caseína asciende a 0.059. En ambos casos los parámetros tienen un p-valúe pequeño menor al nivel de significancia primigenia mente establecido para la investigación el cual asciende a 0.05. Con los parámetros anteriores se puede establecer la ecuación del modelo CBR sumergido. $CBR = 7.144 + 0.059 * \text{Caseína (\%)}$ conforme se aprecia el CBR natural del suelo cuando no se le agrega caseína asciende a 7.14 por ciento, por otro lado, el modelo matemático precedente indica que cuando se incrementa un 1% de caseína en peso seco del suelo, este eleva su CBR en 0.059, esto demuestra que la caseína incrementa el CBR.

2. según el objetivo específico 1 en esta tesis se Determinó en qué medida la aplicación de la caseína mejoro Valor Soporte del CBR del suelo limo arcilloso de la subrasante, Cusco – 2021, Los resultados de CBR obtenidos a través del método PDC fueron transformados a su valor equivalente al ensayo CBR tradicional sumergido, a través de la ecuación que se halla en la norma ASTM D 1883. Conforme se apreció el CBR mínimo medido ha sido de 6.6 por ciento y el máximo de 7.8 por ciento, con una desviación estándar de 0.46. Conforme se aprecia, el CBR sumergido tiene una correlación positiva alta y significativa con la dosis de caseína, esta correlación asciende a 0.614, lo que indica que a más caseína mayor CBR se alcanza.

3. según el objetivo específico 2 así mismo en esta tesis se Determinó en qué medida la aplicación de la caseína mejoro en la ascensión capilar de un suelo limo arcilloso de la subrasante, Cusco – 2021, Conforme se aprecia, la altura capilar máxima medida asciende al 87.29 milímetros, mientras que la altura capilar mínima asciende a 20.3 milímetros. La desviación típica de las mediciones de altura capilar está en 25.7 por ciento. Asimismo, se ha determinado la correlación existente entre la dosis de caseína y la altura de Ascensión capilar

Conforme se observó la dosis de caseína tiene una correlación negativa fuerte que asciende a -0.729 , quiere decir que mientras más caseína tenían las muestras menor altura capilar ascendió el agua. la Ascensión capilar del suelo natural cuando no está presente la caseína asciende a 63.149 milímetros, por otro lado, cuando se incrementa un 1% de caseína en proporción al peso seco del suelo a las muestras la Ascensión capilar aproximadamente 4 mm, comprueba que la caseína impermeabiliza el suelo.

4. según el objetivo específico 3 finalmente en esta tesis se Determinó que la aplicación de la caseína no afecta la absorción de un suelo limo arcilloso de la subrasante. Cusco - 2021 al haberse sumergido al agua durante 24 horas con incorporación de caseína al 2% , 5% , 12% obteniendo resultados determinando de esta manera que la caseína no afecta la propiedad de absorción que tienen los suelos limo arcillosos. puesto que las muestras demuestran que cuentan con absorción al 100% .

VI. RECOMENDACIONES

1. Estudiar e investigar el comportamiento de un suelo limo arcilloso adicionando biopolímeros con la finalidad de mejorar el CBR de una subrasante.
2. Por otro lado, cuando se incrementa un 1% de caseína en peso seco del suelo, este eleva su CBR en 0.059, esto demuestra que la caseína incrementa el CBR.
3. Al estudiar, la Ascensión capilar del suelo natural cuando no está presente la caseína asciende a 63.149 milímetros, por otro lado, cuando se incrementa un 1% de caseína en proporción al peso seco del suelo a las muestras la Ascensión capilar aproximadamente 4 mm, comprueba que la caseína impermeabiliza el suelo.
4. Investigar la reacción con respecto a la absorción incorporando distintos porcentajes de caseína a lo ya aplicado en este estudio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Arredondo, Verdú F. 1977.** *Compactación de Terrenos – Terraplenes y Pedraplenes.* Barcelona, España : Editores Técnicos Asociados S.A., 1977.
- ASTM D 4469. 2002.** *Standar Practice for Calculating Percent Absorption by the Aggregate in an Asphalt Pavement Mixture.* West Conshohocken: ASTM International. 2002.
- ASTM D 6951-09.** *Dynamic Cone Penetrometer (DCP).*
- ASTM-D. 1883.** *Sociedad Americana para Pruebas y Materiales.*
- BELTRAN, M; MARCILLA, A;. 2012.** *Tecnología de polímeros: Procesado y propiedades.* [En línea] 2012.
https://books.google.com.pe/books?id=jxilUUn4_QAC&printsec=frontcover&dq#v=onepage&q&f=false.
- BRAJA , Dias. 1999.** *Principios de Ingeniería de Cimentaciones.* s.l. : International Thomson Editores. En línea:(<http://apuntesingenierocivil.blogspot.pe/2010/10/mecanicadesuelesdefiniciones.html>), 1999.
- Braja, M Das. 2008.** *Principios de Ingeniería de Cimentaciones.*
- Braja, M. 2015.** *Fundamentos de ingeniería Geotécnica (4ta Ed).* México : CENGAGE Learning, 2015.
- Braja, M. 2013.** *Fundamentos de ingeniería Geotécnica (4ta ED).* . México : Cengage Learning, 2013.
- CHANG, LLhan, y otros. 2018.** *Caseína bovina como nuevo aglutinante reforzante del suelo a partir de desechos lácteos.* Universidad Ajou, Instituto de Ingeniería Civil y Tecnología de la Construcción de Corea , Seul, Daejeon, Goyang- si : 2018.
- CID, Rodrigo Ivan. 2017.** *"EFECTOS DE LA CASEÍNA COMO ADITIVO EN LAS RESISTENCIAS MECÁNICAS"*. UNIVERSIDAD CATÓLICA DE LA SANTÍSIMA CONCEPCIÓN, Facultad de Ingeniería , Concepción : 2017.
- CORONADO, J. 2002.** *Manual centroamericano para el diseño de pavimentos.* <https://snavarro.files.wordpress.com/2008/08/manual-de-pavimentos.pdf>. 2002.
- CRESPO, Carlos. 2004.** *Mecanica de suelos y cimentaciones, 5a Ed.* Limusa : 2004.
- CUSIHUAMAN , Darwin y QUISPE , Jardiel Alcides. 2019.** *"EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LA ESTABILIZACIÓN QUÍMICA CON ADITIVOS LÍQUIDOS .* Cusco : 2019.
- Denoia, J. y & Giubileo, G. 2008.** *Penetrómetro para el estudio de costras de suelo en laboratorio.* Ciencia, docencia y tecnología, XIX(37), 191 -204. Obtenido de USOS Y

APLICACIONES DEL PENETROMETRO DE CONO:
<http://www.scielo.org.ar/pdf/cdyt/n37/n37a09.pdf>. [En línea] Noviembre de 2008.

FERNANDEZ, CARLOS. 1982. *Mejoramiento y estabilización de suelos*. México, : Limusa S.A., 1982. 978-968-18-1380-2.

GASPAR - TEBAR D. 1985. *Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Normativa: clasificación y definiciones*, Barcelona , España. Barcelona : s.n., 1985.

GONZALES , Boada J. 2005. *Clasificación de suelos de acuerdo a Sucs y Aashto*. Barcelona : Universidad De Granadas, 2005.

HADI, Fatehi, y otros. 2018. *Un nuevo estudio sobre el uso de biopolímeros a base de proteínas en el fortalecimiento del suelo*. Universidad Tecnológica de Isfahan, Isfahan : 2018.

Juárez, Badillo y Rico, Rodriguez. 1993. *Mecánica de suelos*. México : s.n., 1993. Tomos I y II.

Libenson, Leon. 1941. *La Caseína y sus Aplicaciones*. New York : Editorial Técnica Unida New York, 1941.

LIBENSON, Leon. 1941. *La Caseína y sus Aplicaciones*. New York : Editorial Técnica Unida New York, 1941.

MIGUEL, Marcos Antonio y HUAMAN, Edwar Enrique. 2011. *Proceso de Obtención de la Caseína a partir de la Leche de Ganado Vacuno y La Optimización de sus parámetros*. UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO, Trujillo : 2011.

Mohedas, Diaz M y Moreno , Veja A. 2014. *Apertura y Mantenimiento de Vías Forestales*. España : Ediciones Nobel S.A., 2014.

MONTEJO, FONSECA A. 2002. *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá : 2ª. Ed. Ediciones y publicaciones Universidad Católica de Colombia, 2002.

MORR, C V. 1984. *Production and Use of Milk Proteins in Food. Food Technology 1984, pp 39-48*. 1984.

MTC. 2013. *Manual de carreteras: suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Lima.

—. **2018.** *Manual de ensayo de laboratorios*. Lima.

NMX C 164 ONNCCE. 2002. "Industria de la construcción – agregados – determinación de la masa específica y absorción de agua del agregado grueso". México D. F. : Organismo Nacional de Normalización y Certificación de la Construcción y Edificación, S. C., 2002.

NTP 339.127. 1999. *Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. 1999.

NTP 339.129. 1999. *Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos*. 1999.

NTP 339.131. 1999. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos de un suelo. 1999.

NTP 339.134. 1999. Lima : 1999.

NTP 339.145. 1999. Método de ensayo de CBR (Relación de soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1999.

Núñez, J. 2014. *Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas.* Universidad de Piura, Lima : 2014.

RICO, R. A. y DEL CASTILLO , H. 1984. *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres, Carretera, Ferrocarriles y Aeropistas (Vol. 2).* México D.F.: México D.F : Editorial Limusa, 1984.

VALLE, W. 2010. . *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralización en ambientes sulfatados o yesíferos (tesis de Master).* Universidad Politécnica de Madrid, Madrid : 2010.

I. Chang, J. Im, G.-C. Cho, Introduction of microbial biopolymers in soil treatment for future environmentally-friendly and sustainable geotechnical engineering, *Sustainability* 8 (2016) 251.

A. Larson, *Sustainability, Innovation, and Entrepreneurship,* 2011.

G.A. Meehl, W.M. Washington, W.D. Collins, J.M. Arblaster, A. Hu, L.E. Buja, et al., How much more global warming and sea level rise? *Science* 307 (2005) 1769–1772

V. Ivanov, J. Chu, Applications of microorganisms to geotechnical engineering for bioclogging and biocementation of soil in situ, *Rev. Environ. Sci. Bio/Technol.* 7 (2008) 139–153.

T. Zhang, S. Liu, G. Cai, A.J. Puppala, Experimental investigation of thermal and mechanical properties of lignin treated silt, *Eng. Geol.* 196 (2015) 1–11.

A.U. Uzer, Use of biofuel co-product for pavement geo-materials stabilization, *Procedia Eng.* 125 (2015) 685–691.

G. Cai, T. Zhang, S. Liu, J. Li, D. Jie, Stabilization mechanism and effect evaluation of stabilized silt with lignin based on laboratory data, *Mar. Georesour. Geotechnol.* 34 (2016) 331–340.

B. Lekha, G. Sarang, A.R. Shankar, Effect of electrolyte lignin and fly ash in stabilizing black cotton soil, *Transp. Infrastruct. Geotechnol.* 2 (2015) 87–101.

H. Ceylan, S. Kim, A.U. Uzer, B. Yang, Strength performance of iowa soils stabilized with biofuel industry co-product, *Procedia Eng.* 125 (2015) 317– 323.

- S. Kim, K. Gopalakrishnan, H. Ceylan**, Impact of bio-fuel co-product modified subgrade on flexible pavement performance, in: *GeoCongress 2012: State of the Art and Practice in Geotechnical Engineering*, 2012, pp. 1505–1512.
- K. Gopalakrishnan, H. Ceylan, S. Kim**, Renewable biomass-derived lignin in transportation infrastructure strengthening applications, *Int. J. Sustainable Eng.* 6 (2013) 316–325.
- I. Chang, A.K. Prasadhi, J. Im, G.-C. Cho**, Soil strengthening using thermogelation biopolymers, *Constr. Build. Mater.* 77 (2015) 430–438.
- I. Chang, G.-C. Cho**, Strengthening of Korean residual soil with b-1, 3/1, 6- glucan biopolymer, *Constr. Build. Mater.* 30 (2012) 30–35.
- I. Chang, J. Im, A.K. Prasadhi, G.-C. Cho**, Effects of Xanthan gum biopolymer on soil strengthening, *Constr. Build. Mater.* 74 (2015) 65–72.
- I. Keita, B. Sorgho, C. Dembele, M. Plea, L. Zerbo, B. Guel, et al.**, Ageing of clay and clay–tannin geomaterials for building, *Constr. Build. Mater.* 61 (2014) 114–119.
- C. Galán-Marín, C. Rivera-Gómez, J. Petric**, Clay-based composite stabilized with natural polymer and fibre, *Constr. Build. Mater.* 24 (2010) 1462–1468.

ANEXO

Anexo 1. Matriz de consistencia

"Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR en subrasantes aplicando Caseína. Cusco - 2021"							
FORMULACION DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	METODOLOGIA
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	INDEPENDIENTE				metodo Cientifica
¿En qué medida la aplicación de caseína mejora el suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR en subrasantes Cusco - 2021?	mejorar el suelo limo arcilloso para incrementar el Valor Soporte del CBR de subrasante aplicando caseína, cusco -2021	La aplicación de caseína como mejorador del CBR en un suelo limo arcilloso de subrasante tiene un efecto significativo.	Aplicación de Caseína	caseína	% en peso	INSTRUMENTOS Y FICHAS TECNICAS DE LABORATORIO	tipo de investigacion aplicada
PROBLEMAS ESPECIFICOS	OBJETIVOS ESPECIFICOS	HIPOTESIS ESPECIFICOS	DEPENDIENTES				diseño de investigacion
PE.1 ¿en qué medida la aplicación de caseína mejora el Valor Soporte del CBR en subrasante de un suelo limo arcilloso Cusco - 2021?	OE.1. Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora el Valor Soporte del CBR de un suelo limo arcilloso de la subrasante, Cusco - 2021	La aplicación de caseína mejora significativamente el CBR del suelo limo arcilloso de la subrasante	Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar CBR	Resistencia CBR	CBR %	FICHA DE OBSERVACION	nivel de la investigacion explicativo
PE.2. ¿En qué medida la aplicación de caseína mejora en la ascensión capilar de un suelo limo arcilloso de la subrasante Cusco, 2021?	OE.2. Determinar en qué medida la aplicación de la caseína mejora en la ascensión capilar de un suelo limo arcilloso de la subrasante, Cusco - 2021	La aplicación de Caseína mejora significativamente la ascensión capilar del suelo limo arcilloso de la subrasante		Ascensión capilar	Ascensión %	FICHA DE OBSERVACION	tecnica observacion

<p>PE.3. ¿En qué medida el efecto de la caseína mejora en la absorción de un suelo limo arcilloso Cusco - 2021?</p>	<p>OE.3. Determinar en que medida la aplicación de la caseína mejora la absorción de un suelo limo arcilloso de la subrasante Cusco - 2021</p>	<p>La aplicación de caseína no afecta la propiedad de absorción que tienen los suelos limo arcillosos usados como subrasante</p>	<p>Absorción</p>	<p>Absorción %</p>	<p>FICHA DE OBSERVACION</p>	<p>instrumentos fichas de los ensayos que se realizan</p>
--	--	--	------------------	--------------------	-----------------------------	--

Anexo 2 información para sustentar y evidenciar la investigación

Figura 8. Instrumento PDC



La evidencia que muestra la figura 8 es el principal instrumento PDC que se utilizó para realizar los trabajos en laboratorio con la finalidad de Comprobar la resistencia del suelo natural a los materiales compactados. El instrumento PDC, utilizado para evaluar el CBR

Figura 9. Realización de calicata



La evidencia que muestra la figura 9 es la realización de la calicata de 1 metro de ancho por 1.5 metros de profundidad con la finalidad de extraer material limo arcilloso que proporcione información detallada de los estudios que fueron desarrollados

Figura 10. Distribución del material limo arcilloso



La evidencia que muestra la figura 10 es la realización de la distribución del material seleccionado en proporciones iguales según peso considerando 800 gramos del material limo arcilloso en 12 recipientes para sus distintas dosificaciones para su aplicación de caseína y agua.

Figura 11. Dosificación de suelo, caseína y agua en %



La evidencia que muestra la figura 11 es la aplicación de la dosificación de suelo 800 gramos. Más agua en (112, 96, 72, 16, gramos). con adición de caseína 2%, 5%, 12%, realizando un total de 12 muestras con la finalidad de medir la resistencia del CBR

Figura 12. Mesclado de suelo, agua, Caseína



la evidencia que muestra la figura 12 es la aplicación de los elementos suelo, agua, caseína. posteriormente realizar un mesclado homogéneo en dos etapas cada una de ellas por un minuto y medio que al finalizar este proceso cumplan con 3 minutos

Figura .
13 Distribución del material dosificado



La evidencia que muestra la figura 13 es la del proceso de dividir el material dosificado con los componentes suelo, caseína y agua en 5 partes calculando que sean iguales, para posteriormente con un cucharón ser introducidas en el molde proctor para posteriormente utilizar el pisón,

Figura 14. utilización del método Proctor Estándar



La evidencia que muestra la figura 14 con la finalidad de compactar el material dosificado se requiere la utilización del pisón de 2.5kg con una caída de 300 mm

Figura .
por lo que será necesario introducir el material dosificado dentro del molde Proctor para las 5 proporciones, para cada proporción realizar 2 caídas.

15 aplicación del instrumento PDC



La evidencia que muestra las figura 15 en ella se realiza la utilización del instrumento PDC, una vez llenado con material dosificado el molde proctor se levanta el martillo de 8kg hasta la altura máxima y dejar caer realizar esta misma operación por 3 veces

Figura 16. Pesado del material más molde Proctor



Figura .

En la figura 16 se muestra la evidencia del retiro de la parte superior del molde proctor y realizar un ligero nivelado con un cuchillo para posteriormente realizar el pesado del material suelo dosificado con caseína después del compactado y la aplicación del instrumento PDC incluido el molde

17 Aplicación del Extractor de Muestras



En la figura 17 se evidencia la utilización del extractor de muestra para las doce muestras que han sido retiradas con mucho cuidado puesto que están húmedas como podemos visualizar en la figura dos realizadas con distintas dosificaciones para posteriormente ingresar al horno durante 24 horas para realizar las pruebas respectivas.

Figura .
Figura 18. Sumergido de la muestra a 1cm de película de agua



La figura 18 evidencia que las 12 muestras del suelo, caseína y agua ya secas son sometidas al mismo tiempo a una película de agua de un cm durante 30 minutos posterior aplicando un calibrador se toma las medidas con la finalidad de obtener datos para hallar la capilaridad

19 Muestra sumergida al agua 100%



la figura 19 muestra la evidencia de las muestras 7,8,9,10,11,12 que salieron intactas sometida a la prueba anterior donde fueron sometidos a 1cm de película de agua dichas muestras contienen porcentaje de caseína al 5% y 12% para recaudar información sobre la absorción de las muestras son introducidas al agua cubriendo por encima de la muestra durante 24 horas.

Figura .

Anexo 3. Informe de resultado de laboratorio

CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 103-CEAJ-2021

Informe de resultado de laboratorio:

Datos generales:

Solicitante: Yoel Huamani.

Fecha del ensayo: del 01 de octubre al 8 de noviembre de 2021

Dirección del laboratorio: Av. Micaela Bastidas 258, Wanchaq, Cusco, Perú.

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

Resultados:

Tabla 1.

Resultados de ensayos múltiples en la fase de experimentación.

N	Caseína (%)	Caseína (g)	Suelo (g)	Agua (g)	Caseína (%)	Caseína (g)	Lectura Inicial	lectura N° 1	lectura N° 2	lectura N° 3	Peso Molde +	Altura húmed	Altura húmeda N° 2	Altura húmeda	Dh (g/cm ³)	Ds (g/cm ³)	DCPI PROM (mm)	CBR PDC ASTM D6951 (USACE) (%)	CBR LAB SUMERGIDO ASTM D1883 (%)	Ref. 1
N1	0	0	800	112	0%	0	7.70	9.50	10.50	11.40	2421	86.94	83.17	85.06	1.95	1.94	12.3	17.5	6.6	
N2	0	0	800	112	0%	0	7.95	9.45	10.40	11.35	2424	86.73	79.68	83.21	1.95	1.95	11.3	19.3	6.9	
N3	0	0	800	112	0%	0	7.51	8.95	10.10	11.00	2430	87.28	87.30	87.29	1.97	1.97	11.6	18.7	6.8	
N4	2	16	800	96	2%	16	7.80	8.81	8.81	10.61	2420	46.24	44.40	45.32	1.94	1.94	9.4	23.8	7.7	
N5	2	16	800	96	2%	16	7.30	8.55	9.45	10.15	2430	44.04	41.63	42.84	1.97	1.97	9.5	23.5	7.7	
N6	2	16	800	96	2%	16	7.65	8.75	9.65	10.50	2438	37.26	35.22	36.24	1.99	1.99	9.5	23.5	7.7	
N7	5	40	800	72	5%	40	7.35	8.70	9.50	10.25	2436	21.67	24.97	23.32	1.99	1.99	9.7	23.0	7.6	
N8	5	40	800	72	5%	40	7.00	8.45	9.45	10.25	2431	29.57	25.29	27.43	1.97	1.97	10.8	20.3	7.1	
N9	5	40	800	72	5%	40	7.40	8.55	9.45	10.15	2436	23.39	27.09	25.24	1.99	1.99	9.2	24.4	7.8	
N10	12	96	800	16	12%	96	7.70	9.00	9.85	10.50	2434	28.44	28.44	28.44	1.98	1.98	9.3	23.9	7.8	
N11	12	96	800	16	12%	96	7.85	9.00	9.90	10.65	2425	20.32	20.28	20.30	1.96	1.96	9.3	23.9	7.8	
N12	12	96	800	16	12%	96	7.90	9.05	9.95	10.70	2436	28.12	28.00	28.06	1.99	1.99	9.3	23.9	7.8	

Fuente: ensayos de laboratorio, elaboración: consultor responsable.

Donde:

W: contenido de humedad.

Ds. Densidad seca del suelo.

Dh: Densidad húmeda del suelo.

DCPI: longitud de penetración del cono dinámico de 60° medido en mm/golpe.

Ref 1: Development of correction factor for penetration index of dynamic cone penetrometer to assess in situ-soaked California bearing ratio. Daljeet Singh Sidhu¹ et al. May 2019. The Institution of Engineers (India).

Es todo cuanto se informa al respecto.

Cusco, 17 de noviembre de 2021

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

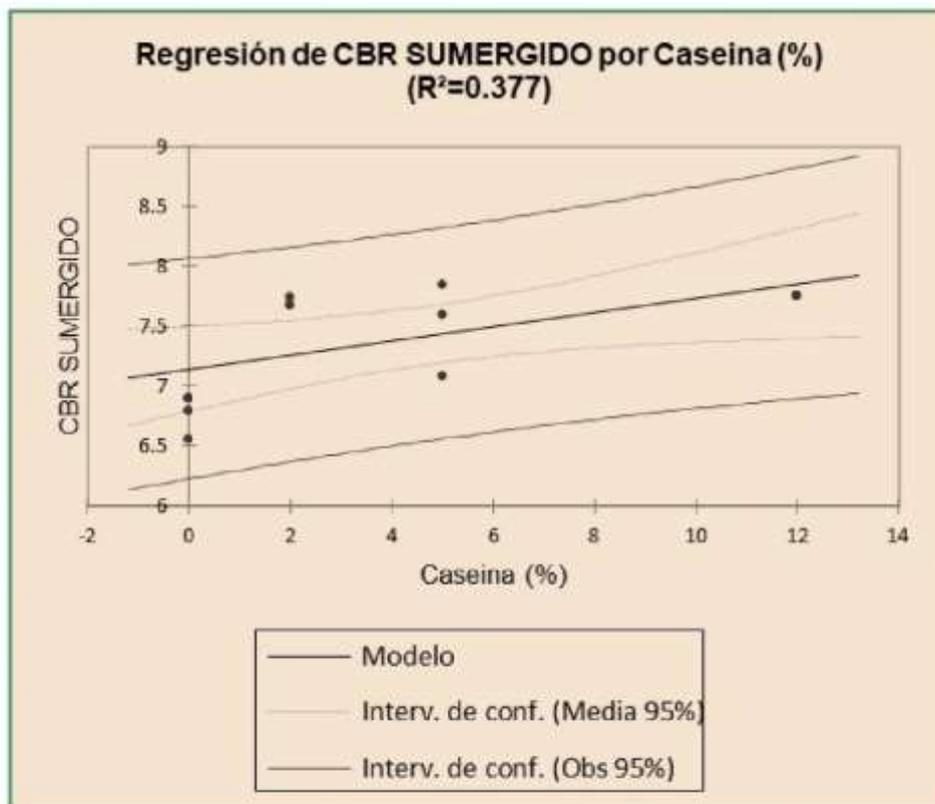
CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 103-CEAJ-2021



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

Cusco, 17 de noviembre de 2021

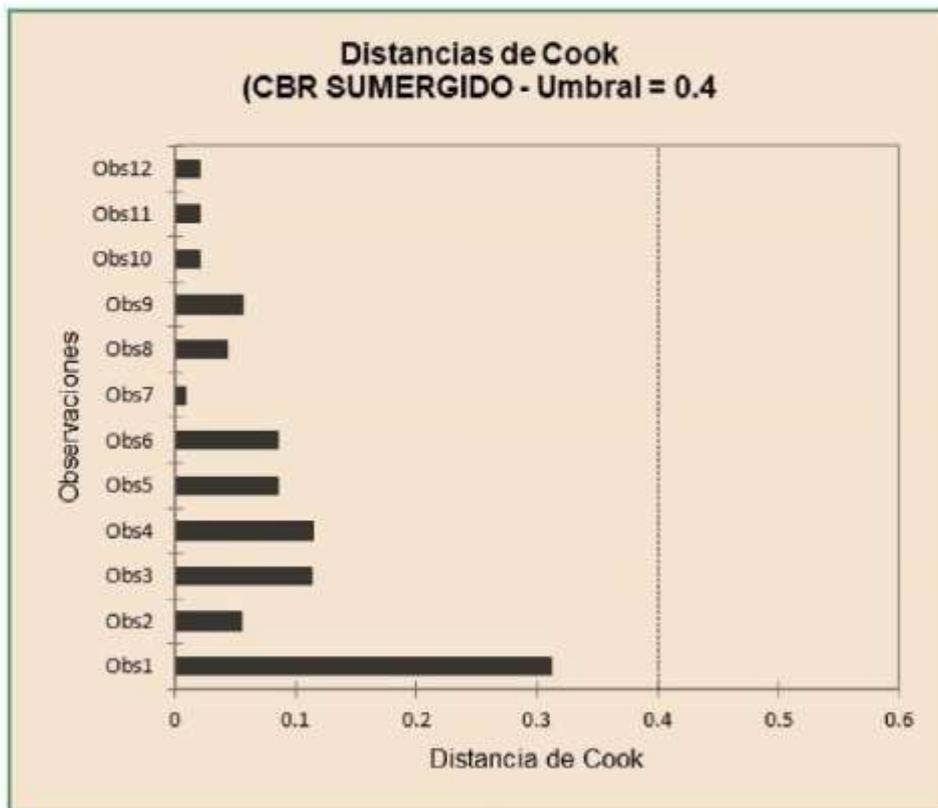
CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 103-CEAJ-2021




CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP. N° 115764

Cusco, 17 de noviembre de 2021

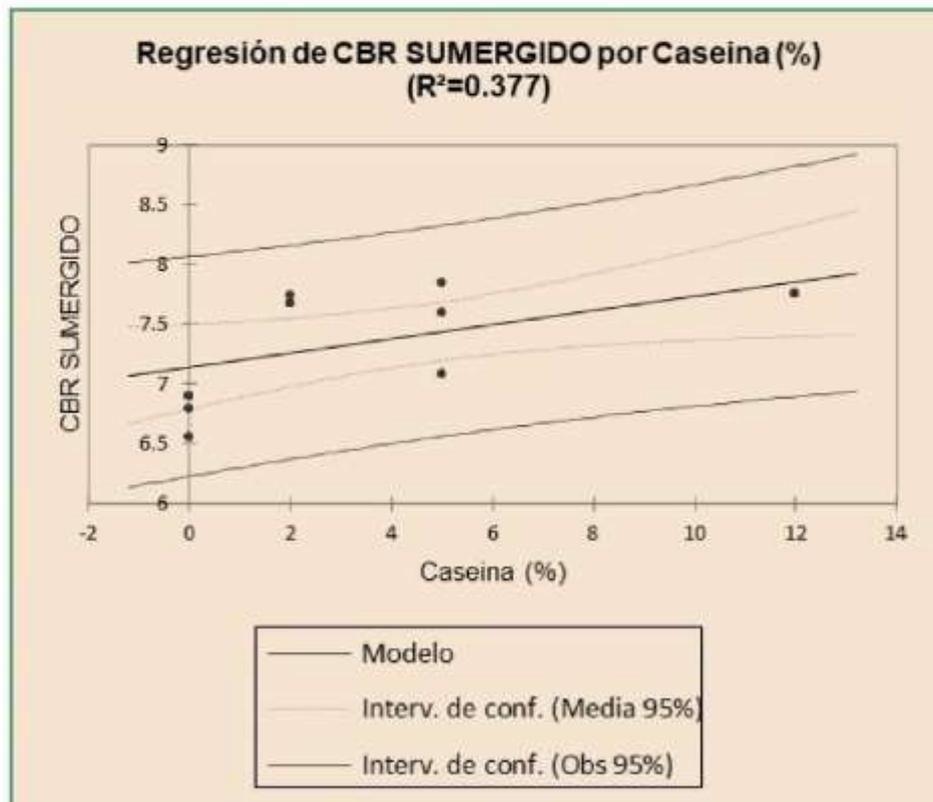
CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 103-CEAJ-2021




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

Cusco, 17 de noviembre de 2021

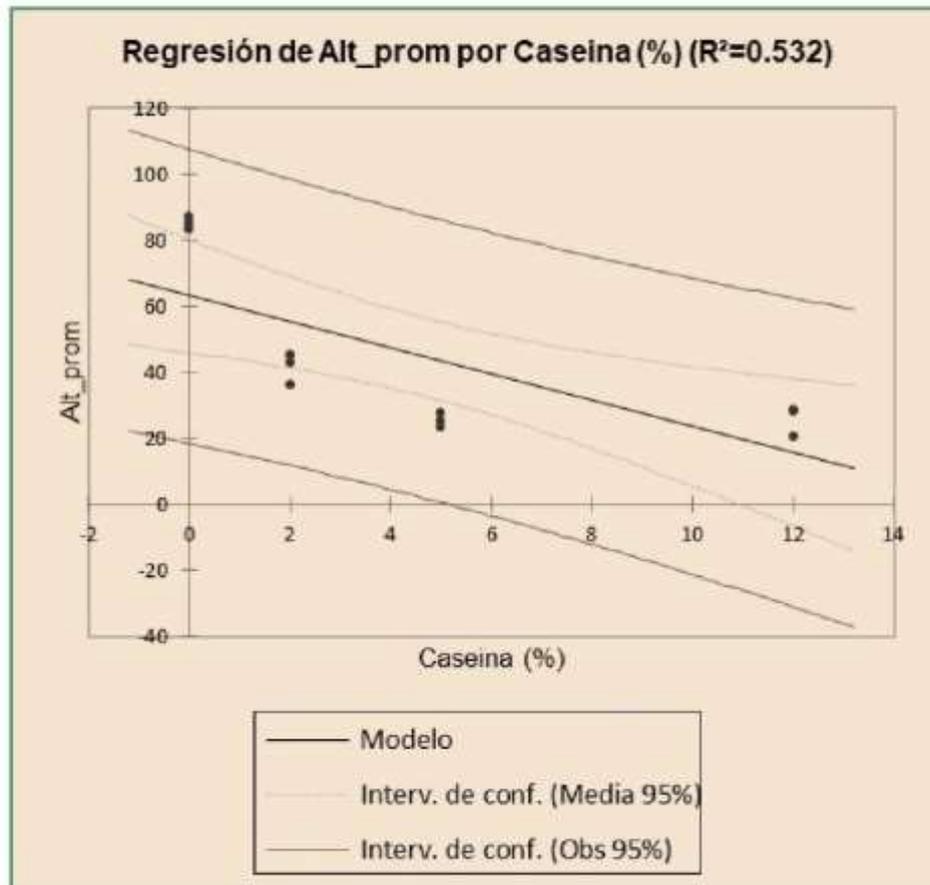
CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 103-CEAJ-2021



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

Cusco, 17 de noviembre de 2021

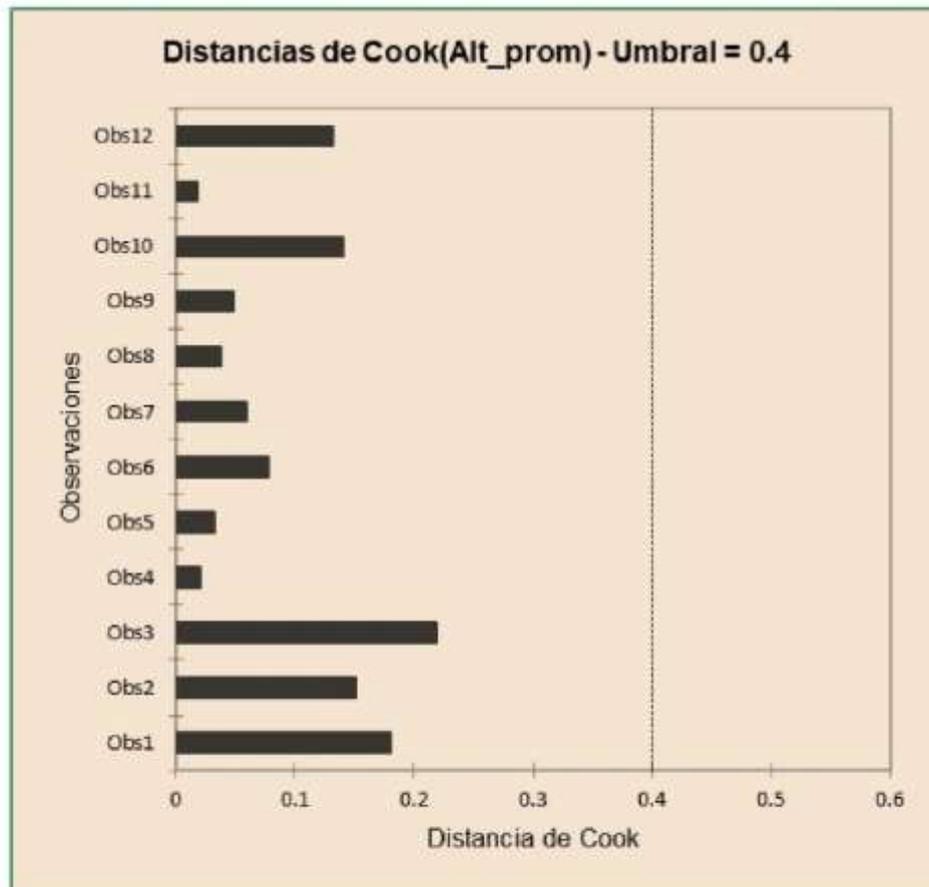
CÉSAR EDILBERTO ARBULÚ JURADO

MBA. Ing. Civil CIP 115764

RUC 10239763681

Consultor en geotecnia, con laboratorio propio.

Informe 103-CEAJ-2021



Cusco, 17 de noviembre de 2021


CESAR EDILBERTO ARBULU JURADO
INGENIERO CIVIL
Reg. CIP N° 115764



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

Declaratoria de Originalidad del Autor

Yo, HUAMANI ROCCA YOEL estudiante de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - CALLAO, declaro bajo juramento que todos los datos e información que acompañan la Tesis titulada: "Mejoramiento de suelo limo arcilloso para incrementar el Valor soporte del CBR en subrasante aplicando Caseína. Cusco - 2021", es de mi autoría, por lo tanto, declaro que la Tesis:

1. No ha sido plagiada ni total, ni parcialmente.
2. He mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicada, ni presentada anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

Nombres y Apellidos	Firma
HUAMANI ROCCA YOEL DNI: 44635695 ORCID 0000-0003-2738-3294	Firmado digitalmente por: YHUAMANIRO el 16-02- 2022 12:23:02

Código documento Trilce: INV - 0565497