



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

APLICACIÓN DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA  
SUBRASANTE EN LA AVENIDA “LA CULTURA” DISTRITO DE  
PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURÍMAC - 2020

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

**AUTOR:**

Br. Manrique Reynaga Josmell Frank (ORCID: 0000-0002-0903-1749)

**ASESORA:**

Mg. Ramos Gallegos, Susy Giovana (ORCID: 0000-0003-2450-9883)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

Dedicamos este estudio en primer lugar a Dios, ya que Él nos inspiró y nos dio la fuerza para continuar este proceso de obtener uno de nuestros más anhelados deseos.

A mis padres, por su amor, trabajo y dedicación a lo largo de los años, gracias a ellos he podido llegar hasta aquí y convertirme en quien soy. Es un orgullo y un honor ser su hijo, son los mejores padres.

A mis dos grandes amores lisis que sin tu comprensión no habría llegado hasta esta instancia de mi vida, y a mi menor hijo valentino que me da la fuerza para seguir día a día.

## AGRADECIMIENTO

Agradecer a nuestra asesora la ing Susy por darnos toda la orientación durante todo el proyecto de tesis hasta el final

Mi reconocimiento a mis padres, hermanos y amigos por apoyarnos con su aliento de culminar el proyecto durante la ejecución de nuestra tesis.

También agradecer a la universidad Cesar Vallejo por darnos la oportunidad en tiempos difíciles por el virus de Covid-19 y darnos la facilidad para terminar nuestro trabajo de investigación.

A mi hermana Emy por no dejar de creer

En mí. Gracias

## Índice de contenidos

DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
Índice de contenidos	v
Índice de tablas	vii
Índice de gráficos y figuras	viii
Resumen	ix
Abstract	xi
I. INTRODUCCIÓN	13
II. MARCO TEÓRICO	18
III. METODOLOGÍA	40
3.1 Tipo y diseño de investigación	40
3.2 Variables y operacionalización	41
3.2.1 Variable independiente: Aplicación del aceite sulfonado	41
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	41
3.3.1 Población	41
3.3.2 Muestra	41
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	42
3.4.1 Técnicas de recolección de datos	42
3.5 Procedimientos	44
3.6 Método de análisis de datos	45
3.7 Aspectos éticos	46
A) El respeto:	46
B) La honestidad	46
IV. RESULTADOS	48
VI. CONCLUSIONES	80
VII. RECOMENDACIONES	83
Referencias	84
ANEXOS	89

## Índice de tablas

Tabla 1 Categorías de sub rasante .....	33
Tabla 2 Valores típicos de CBR y módulo de elasticidad para diversos materiales .....	35
Tabla 3: Ecuaciones de correlación de resistencia / rigidez de subrasante seleccionadas.....	36
Tabla 4 Dimensiones e Instrumentos .....	43
Tabla 5 Análisis de datos obtenidos en la investigación según dimensión. ....	45
Tabla 6: Número de calcatas para exploración en campo.....	48
Tabla 7: Proctor modificado progresiva 0+250 .....	54
Tabla 8: Proctor modificado progresiva 0+500 .....	56
Tabla 9: Proctor modificado progresiva 0+750 .....	58
Tabla 10: Resumen de ensayos de laboratorio .....	62
Tabla 11: Propuesta de Diseño .....	62
Tabla 12: Porcentaje de CBR al estabilizarse con cemento + aceite sulfonado...	63
Tabla 13: Porcentaje de CBR al estabilizarse con cemento + aceite sulfonado...	65
Tabla 14: Porcentaje de CBR al estabilizarse con cemento + aceite sulfonado...	68

## Índice de gráficos y figuras

Figura 1. Croquis de la Avenida “La Cultura” .....	14
Figura 2. Ubicación de la Avenida “La Cultura” .....	14
Figura 3: Esquema del proceso de dosificación de una base con tecnología Proes. .....	31
Figura 4: Cemento Portland Tipo 1 .....	32
Figura 6: Cuadro de plasticidad progresiva 0+250 .....	50
Figura 7: Cuadro de plasticidad progresiva 0+500 .....	50
Figura 8: Cuadro de plasticidad progresiva 0+750 .....	51
Figura 9: Humedad – Densidad progresiva 0+250 .....	56
Figura 10: Humedad – Densidad progresiva 0+500 .....	58
Figura 11: Humedad – Densidad progresiva 0+750 .....	60
Figura 12: Densidad – CBR progresiva 0+250 con cemento al 1.00% + aceite sulfonado.....	63
Figura 13: Densidad – CBR progresiva 0+250 con cemento al 1.5% + aceite sulfonado.....	64
Figura 14: Densidad – CBR progresiva 0+250 con cemento al 2.0% + aceite sulfonado.....	64
Figura 15: Densidad – CBR progresiva 0+500 con cemento al 1.0% + aceite sulfonado.....	66
Figura 16: Densidad – CBR progresiva 0+500 con cemento al 1.5% + aceite sulfonado.....	66
Figura 17: Densidad – CBR progresiva 0+500 con cemento al 2.0% + aceite sulfonado.....	67
Figura 18: Densidad – CBR progresiva 0+750 con cemento al 1.0% + aceite sulfonado.....	68
Figura 19: Densidad – CBR progresiva 0+750 con cemento al 1.5% + aceite sulfonado.....	69
Figura 20: Densidad – CBR progresiva 0+750 con cemento al 2.0% + aceite sulfonado.....	69

## Resumen

En esta sección presentamos los resultados de nuestro trabajo de investigación, cuyo objetivo general fue establecer en qué medida el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la sub rasante en la avenida “La Cultura” del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas en el año 2020, con una muestra que abarca la primera y segunda cuadra de la Avenida “La Cultura”, distrito de Pacucha, investigación de tipo aplicada, de diseño experimental, nivel del estudio es explicativo y con enfoque del estudio es cuantitativo.

El ensayo de límites de Atterberg se efectuó a las calicatas progresiva 0+250, progresiva 0+500, progresiva 0+750, para hallar el límite líquido y plástico e índice de plasticidad, empleándose el método C, siendo el porcentaje detenido recolectado mayor que 20% en el tamiz N° 4, logrando su máxima densidad y humedad óptima, agregando a la muestra 5 diferentes porcentajes de agua de: 5,36%, 8,23%, 10,30%, 18,38% y 23,42%. Asimismo, la variación del porcentaje de CBR con respecto a la cantidad de aceite sulfonado, tomándose el valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, agregándose a las muestras de suelo natural + un aditivo sólido, cemento con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, aumentándose el porcentaje de CBR a medida que el porcentaje de cemento también aumenta, siendo directamente proporcionales. La cantidad de cemento portland tipo I óptima es el valor de 1,5%, la cual nos da un CBR en la progresiva (0+250) de 42,3%. Comparando porcentajes de suelo natural sin aditivo y suelo mejorado con aditivo líquido y sólido, el porcentaje de CBR de suelo natural es de 42,3% y el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla suelo natural + cemento portland tipo I + aceite sulfonado es de 240 % lo cual demuestra que el uso de aceite sulfonado más el aditivo sólido, mejora significativamente incrementando el porcentaje de CBR.

Se encontró que la variación del porcentaje de CBR con respecto a la cantidad de aceite sulfonado, tomándose el valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup> agregado a las muestras de suelo natural + un aditivo (cemento) con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, notándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que el porcentaje de cemento también aumenta, siendo directamente proporcionales. La

cantidad de cemento portland tipo I óptima el valor de 1,5% de cemento lo cual nos da un CBR en la progresiva (0+500) de 121%.

Comparando los porcentajes de suelo natural sin aditivo y suelo mejorado con aditivo líquido y sólido tenemos que el porcentaje de CBR de suelo natural es de: 62,0% y el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla suelo natural + cemento portland tipo I + aceite sulfonado es: 121 % lo cual demuestra que el uso de aceite sulfonado más un aditivo sólido en este caso mejora significativamente incrementando el porcentaje de CBR, con lo cual se demuestra que el aceite sulfonado influye significativamente en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante.

La variación del porcentaje de CBR con respecto a la cantidad de aditivo (aceite sulfonado) tomándose el valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, agregándosele a las muestras de suelo natural + un aditivo sólido (cemento) con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, notándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que el porcentaje de cemento también aumenta, siendo directamente proporcionales. Se determina la cantidad de cemento portland tipo I óptimas para nuestras muestras de suelo, en este caso se ha obtenido 1,5% y 2,00 % para lo cual tomaremos el valor de 1,5% de cemento lo cual nos da un CBR en la progresiva (0+750) de 146%. Comparando los porcentajes de suelo natural sin aditivo y suelo mejorado con aditivo líquido y sólido, que el porcentaje de CBR de suelo natural es de 42,3% y el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla suelo natural + cemento portland tipo I + aceite sulfonado es de 146% lo cual demuestra que el uso de aceite sulfonado más un aditivo sólido en este caso mejora significativamente incrementando el porcentaje de CBR, con lo cual se demuestra que el aceite sulfonado influye significativamente en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante.

***Palabras clave: Aceite sulfonado, subrasante, cemento.***



## Abstract

In this section we present the results of our research work, whose general objective was to establish on what average the sulfonated oil influences the stabilization of the subgrade in the avenue "La Cultura" of the district of Pacucha, province of Andahuaylas in the year 2020, with a sample that covers the first and second block of the avenue "La Cultura", district of Pacucha, research of applied type, experimental design, level of the study is explanatory and the focus of the study is quantitative.

The Atterberg limits test was carried out on the test pits progressive 0+250, progressive 0+500, progressive 0+750, to find the liquid and plastic limit and plasticity index, using method C, being the percentage of the collected soil greater than 20% in sieve No. 4, achieving its maximum density and optimum humidity, adding 5 different percentages of water to the sample: 5.36%, 8.23%, 10.30%, 18.38% and 23.42%. Likewise, the variation of the CBR percentage with respect to the amount of sulfonated oil, taking the value of 0.3 lt/m<sup>3</sup>, adding to the samples of natural soil + a solid additive, cement with percentages of 1.0%, 1.5% and 2.0% of the total weight of the sample, increasing the percentage of CBR as the percentage of cement also increases, being directly proportional. The optimum amount of portland cement type I is the value of 1.5%, which gives us a CBR in the progressive (0+250) of 42.3%. Comparing percentages of natural soil without additive and improved soil with liquid and solid additive, the percentage of CBR of natural soil is 42.3% and the percentage of CBR obtained from the mixture natural soil + portland cement type I + sulfonated oil is 240 % which shows that the use of sulfonated oil plus the solid additive, improves significantly increasing the percentage of CBR.

It was found that the variation of the CBR percentage with respect to the amount of sulfonated oil, taking the value of 0.3 lt/m<sup>3</sup> added to the samples of natural soil + an additive (cement) with percentages of 1.0%, 1.5% and 2.0% of the total weight of the sample, noting that the percentage of CBR increases as the percentage of cement also increases, being directly proportional. The amount of portland cement type I optimizes the value of 1.5% cement which gives us a CBR in the progressive (0+500) of 121%.

Comparing the percentages of natural soil without additive and improved soil with liquid and solid additive we have q the percentage of CBR of natural soil is: 62.0% and the percentage of CBR obtained from the mixture natural soil + portland cement type I + sulfonated oil is: 121 % which shows that the use of sulfonated oil plus a solid additive in this case improves significantly increasing the percentage of CBR, which shows that the sulfonated oil significantly influences the stability against water and moisture changes of the subgrade.

The variation of the CBR percentage with respect to the amount of additive (sulfonated oil), taking the value of 0.3 lt/m<sup>3</sup>, adding to the samples of natural soil + a solid additive (cement) with percentages of 1.0%, 1.5% and 2.0% of the total weight of the sample, noting that the percentage of CBR increases as the percentage of cement also increases, being directly proportional. We determine the amount of portland cement type I optimal for our soil samples, in this case we have obtained 1.5% and 2.00 % for which we will take the value of 1.5% of cement which gives us a CBR in the progressive (0+750) of 146%. Comparing the percentages of natural soil without additive and improved soil with liquid and solid additive, the percentage of CBR of natural soil is 42.3% and the percentage of CBR obtained from the mixture natural soil + portland cement type I + sulfonated oil is 146% which shows that the use of sulfonated oil plus a solid additive in this case significantly improves increasing the percentage of CBR, which shows that the sulfonated oil significantly influences the stability against water and humidity changes of the subgrade.

***Keywords: Sulfonated oil, subgrade, cement.***

## I. INTRODUCCIÓN

Los estabilizadores tradicionales como el cemento, la cal, las cenizas volantes y los productos bituminosos han sido ampliamente estudiados y se han identificado sus principales mecanismos estabilizadores (Obuzor et al., 2012). En la actualidad, varias empresas comercializan activamente varios tipos de aditivos no tradicionales en forma de líquido y polvo. Los mecanismos de estabilización de estos productos no se conocen del todo, y su composición química confidencial dificulta la evaluación de los mecanismos de estabilización y la predicción de su rendimiento. Además, los experimentos de laboratorio sólo se han centrado en la evaluación de los efectos de los materiales estabilizados en las propiedades de ingeniería.

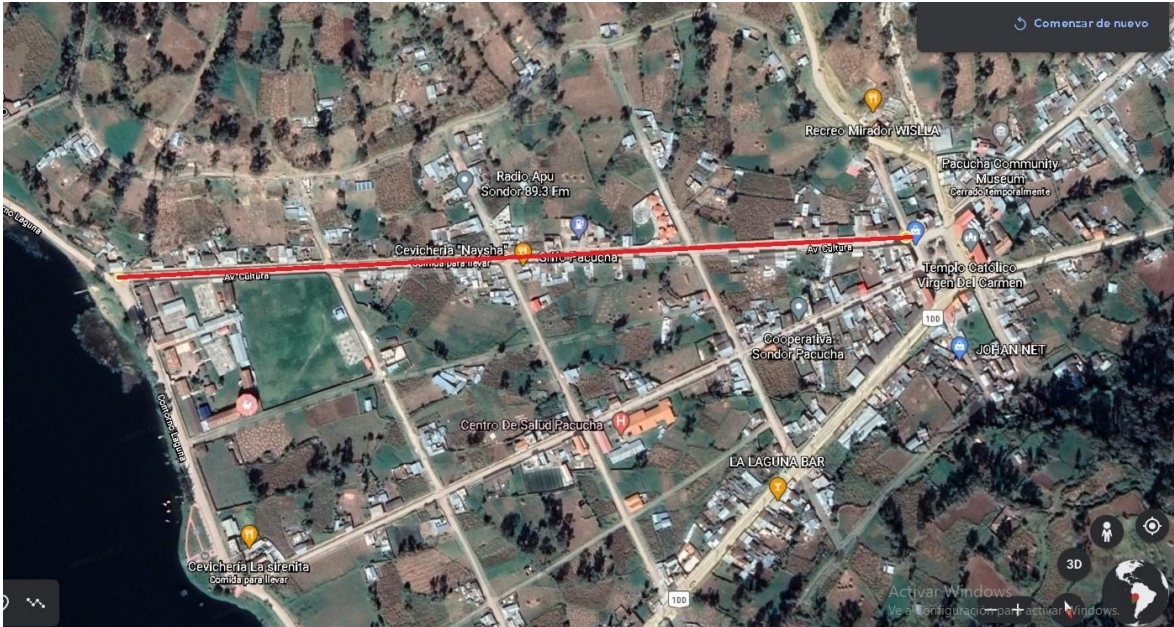
En los últimos años, se han llevado a cabo muchos estudios sobre los suelos tradicionalmente estabilizados, que constituyen la mayoría de los suelos de Malasia, y se ha comprendido bien su mecanismo respectivo (Eisazadeh et al., 2011). Sin embargo, no se ha realizado ningún estudio sobre la macro y microestructura y la eficacia de los suelos residuales tropicales, especialmente los suelos, mezclados con aditivos químicos autóctonos conocidos como SH85 y TX-85. Por lo tanto, es importante comprender plenamente el comportamiento físico-químico del suelo estabilizado con estos estabilizadores y su eficacia en el campo.

Hoy en día, nuestro país aún tiene un gran porcentaje de vías urbanas no pavimentadas, teniendo en cuenta que, el desarrollo económico y social de una nación se debe especialmente a las vías de transporte con las que cuenta, ya que a través de estas se dan las crónicas interculturales, sociales y económicas, lo cual requiere de una estructura con un pavimento que soporte el paso de los años y prolongue su vida útil.

La estructura de la avenida “La Cultura”, del distrito de Pacucha se encuentra en mal estado, estos son de tierra compacta, que, en épocas de lluvia, se convierten en lodo y barro, dificultando el desplazamiento de peatones y vehículos. Esta vía es de constante flujo vehicular, la presencia de charcos de agua, lodo y barro originan la proliferación de zancudos y otros insectos que son causantes de más de una enfermedad. Así mismo, en épocas secas, las partículas de polvo que levantan los carros al pasar por la vía vienen causando en la población

enfermedades dérmicas y respiratorias. En la visita “in situ” de dichas calles, se ha constatado la existencia de gran cantidad de desmontes, polvaredas, lodos, etc., y en ciertos tramos se observan restos de aguas estancadas.

Figura 1. Croquis de la Avenida “La Cultura”



(Fuente: Google Earth 2021)

Figura 2. Ubicación de la Avenida “La Cultura”



(Fuente: Google Earth 2021)

Es imprescindible disminuir los efectos negativos del estado actual del tramo de la carretera del distrito de Pacucha, con una técnica constructiva más rápida que la tradicional, con menores tiempos de intervención de los caminos y menor presencia de maquinaria en el entorno, mediante la aplicación del aceite sulfonado, en la estabilidad de la sub rasante de dicha distancia, por los múltiples beneficios que presenta, principalmente en la resistencia, estabilidad frente al agua y cambios de humedad, en la durabilidad y su flexibilidad (no rigidez).

En solución a esta dificultad, y gracias al descubrimiento de nuevos procesos, se puede construir vías con buena transitabilidad a bajo costo se realiza la presente investigación.

En todo el mundo, la tecnología de estabilización de suelos ha aumentado su demanda de tal manera que cada país se esfuerza por renovar el estado del suelo tanto a través de la estabilización química como de la estabilización electroquímica o la creación de un conglomerado de compuestos químicos que se adapte mejor al lugar de la construcción del pavimento.

En nuestro país, el uso de este aditivo es introducido por PROESTECH, un fabricante de aceites sulfonados. En la provincia de Andahuaylas, este tipo de proyecto aún no se ha implementado y esta situación me impulsó a realizar este estudio.

### **Formulación del problema de investigación**

Las preguntas planteadas para el proceso de toda la investigación giran en torno a ¿En qué medida el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, de la provincia de Andahuaylas - 2020?.

Según esto se disgregará la pregunta general en: ¿Cuál es influencia del aceite sulfonado, en la resistencia de la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas?, ¿Cuál es influencia del aceite sulfonado, en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub

rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas?, ¿Cuál es influencia del aceite sulfonado, en la mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas?

### **Justificación de la investigación**

La presente investigación se **justifica técnicamente** porque pretende se propone estabilizar las arcillas de este sector con aceite sulfonado, cuya densidad estará determinada por el desarrollo propuesto, además de demostrar que el uso de aditivos como el aceite sulfonado para mejorar la estabilidad de la sub rasante, no sólo es una propuesta económicamente conveniente y/o técnica, sino que también aumenta el bienestar social de los residentes locales que conducen sus vehículos a diario por dicha vía y prolonga su ciclo de vida. Asimismo, **se justifica económicamente** ya que los activos económicos no serán significativos porque el aditivo ya está disponible en el mercado. Los estudios sobre la mecánica del suelo, la topografía, el coste administrativo, etc. serán asumidos únicamente por el investigador.

Se justifica **ambientalmente** en la medida en que el gobierno local puede considerar su uso en futuros proyectos y, si se mide el efecto del aceite sulfonado como estabilizador, puede utilizarse como muestra piloto para el tratamiento del suelo en este distrito. Asimismo, este estudio pretende servir de base para posibles estudios en comunidades o sectores aledaños que se enfrentan a los mismos problemas de mejoramiento de sus vías de transporte y tránsito, y **socialmente** se justifica al ser una propuesta de mejoramiento vial que responda a las necesidades de los residentes es extremadamente importante, ya que mejorará su nivel de vida y permitirá planificar el crecimiento de la población local.

### **Objetivos de la investigación**

Los objetivos que se han planteado en la siguiente investigación será los siguientes: Establecer en qué media el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas -2020. Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la resistencia de la

estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas. Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas. Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.

### **Hipótesis de la investigación**

La presente investigación pretende desarrollar las siguientes hipótesis: El aceite sulfonado, influye significativamente en la estabilización de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, al mejorar la resistencia de la estabilización frente al agua y cambios de humedad, además de las características mecánicas. El aceite sulfonado, influye significativamente en la resistencia de la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas. El aceite sulfonado, influye significativamente en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas. El aceite sulfonado, influye significativamente en la mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.

## II. MARCO TEÓRICO

### Antecedentes de la investigación

#### Antecedentes internacionales

Los trabajos previos de la presente investigación se presentan a continuación, teniendo como antecedentes internacionales: (Páez & Díaz, 2019), desarrollaron un trabajo de investigación intitulado **“INFLUENCIA DE LA ADICIÓN DE ACEITE SULFONADO EN LA RESPUESTA DINÁMICA A PEQUEÑAS DEFORMACIONES DE UN MATERIAL GRANULAR ARCILLOSO”**, con la finalidad de optar el grado académico de Magíster en Infraestructura Vial en la Universidad Santo Tomás Facultad de Ingeniería Civil, Maestría en infraestructura vial – Bogotá. En el presente trabajo, el objetivo principal fue estudiar el efecto de la adición de aceite sulfonado sobre las propiedades dinámicas, módulo de corte y amortiguamiento, de un material granular con presencia de arcilla del sector de Mondociedo, occidente de Bogotá, utilizando una columna de ensayo resonante. Un total de 19 probetas de 50 mm de diámetro y 100 mm de altura, producidas añadiendo aceite sulfonado al agua del lote en una proporción del 2%, fueron comprimidas por el método de la presión volumétrica estática constante y ensayadas utilizando fuerzas de retención isotrópicas de 0 a 400 KPa, momentos cíclicos de 0,0115 a 0,23 N-m y tiempos de retención de 0 a 90 días, con las siguientes conclusiones: Los resultados mostraron que cuando se añadió el estabilizador en el día 0 de curado, el módulo de rigidez aumentó un 60% en comparación con el espécimen sin la adición, y las curvas de normalización G/G0 muestran un deterioro más rápido del módulo de rigidez para los especímenes no estabilizados. En las probetas curadas, se observó un aumento de la rigidez a los 30 días y una disminución a los 60 y 90 días, siendo la degradación del módulo y el aumento de la deformación menores a mayor tiempo de curado. Estos cambios



se confirmaron a nivel microestructural mediante observaciones con el microscopio electrónico de barrido (SEM), revelando una matriz de arcilla aglomerada en forma laminar con pequeños espacios entre partículas a los 0 días sin agregados y una estructura heterogénea con grumos y grietas y poros abiertos a los 90 días. Los resultados se ajustaron a dos modelos hiperbólicos basados en las relaciones amortiguación (D)-resonancia (G) y deformación ( $\gamma$ ) para  $G/G_0=0,5$ . Los resultados indican un efecto favorable del aceite sulfonado en el comportamiento dinámico del material.

(Nieto, 2019), desarrolló un trabajo de investigación que lleva por título **“EVALUACIÓN DEL USO DE ADITIVOS QUÍMICOS NO TRADICIONALES COMO ESTABILIZADORES DE SUELOS LIMOSOS PARA CAMINOS PRODUCTIVOS DE BAJO VOLUMEN DE TRÁNSITO”** con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la “Universidad técnica Federico Santa María” Valparaíso– Chile, llegando a las siguientes conclusiones: El objetivo principal de las carreteras de bajo tráfico (CBVT), muchas de las cuales no están pavimentadas, es proporcionar accesibilidad a las ciudades, centros de servicios, centros industriales y diversos tipos de zonas rurales. Esta investigación forma parte de un proyecto de estabilización química de suelos sedimentarios en el CBVT-P, en el sur de Chile, propiedad de una gran empresa que construye cientos de carreteras cada año para sus operaciones. Algunas de estas carreteras se construyen con tecnología de estabilización química del suelo por una segunda empresa que ha desarrollado su propia tecnología. Ambas empresas han pedido que sus nombres sean confidenciales para proteger los resultados del proyecto. En este estudio se evaluaron dos aditivos químicos no tradicionales para mejorar el rendimiento del ensilaje: cenizas (aditivo B), que son un residuo del proceso industrial de la empresa cliente de este proyecto, y un aditivo químico líquido (aditivo P) suministrado por la empresa responsable de la estabilización del pavimento; el origen y la composición de los aditivos B y P se revelaron para mantener la identidad de las empresas en secreto. Además de los aditivos no tradicionales, se utilizaron cal viva y cemento Portland.

(Ayala, 2017), en su tesis de título: **“ESTABILIZACIÓN Y CONTROL DE SUELOS EXPANSIVOS UTILIZANDO POLÍMEROS”**, trabajo para optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad de Especialidades Espíritu Santo, Samborondón, con el objetivo general de obtener una adecuada estabilización de los suelos expansivos mediante el uso de polímeros cuyo diseño de estudio es de tipo cuasi-experimental, una población de puntos donde se dan los tipos de suelo estudiados y una muestra de tres puntos para determinar el potencial expansivo de los tres tipos de suelo. Llegamos a las siguientes conclusiones: El presente trabajo de investigación se realizó en base a la información disponible sobre los suelos expandidos del Ecuador con el fin de determinar los parámetros óptimos de aplicación de polímeros para su adecuada estabilización. Como mencionan varios autores, entre ellos Márquez, 2006, los suelos expansivos están formados por muchos minerales arcillosos que tienen altas propiedades de absorción y retención de agua, lo que lleva a un aumento del volumen mineral que disminuye rápidamente después del secado (contracción). Este fenómeno puede ser perjudicial para la construcción, ya que el aumento de volumen no es constante, lo que provoca diferentes presiones relativas, debido al asentamiento y a la formación de asentamientos importantes durante la retracción (sección 3). Además, Patrone & Prefumo, n.d. afirman que muchos de los fenómenos asociados al hundimiento del suelo u otros problemas fueron causados en realidad por procesos extensos de hinchamiento del suelo (p.1). Se utilizó un procedimiento completo de resultados para caracterizar el suelo, comenzando por el muestreo y la clasificación del suelo, seguido por el muestreo y la clasificación del suelo. Además, tras la caracterización del material expansivo, se realizó la estabilización química con polímeros y las pruebas de clasificación y caracterización de los suelos mezclados con estos componentes. A partir de los resultados obtenidos, se extrajeron conclusiones y se dieron recomendaciones para la aplicación y dosificación adecuadas del polímero con el fin de obtener resultados técnicos y económicos favorables.

(Laica & Paredes, 2016), en su tesis de título: **“INFLUENCIA DE LA INCLUSIÓN DE POLÍMERO RECICLADO (CAUCHO) EN LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE UNA SUB BASE”**, para optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Técnica de Ambato, Ecuador, teniendo como objetivo general; determinar el grado

de influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) En este estudio se harán cilindros con la subestructura (Clase 3) sin y con caucho añadido, pero para cada porcentaje de caucho añadido se tomarán tres muestras para obtener mejores datos, obteniendo un total de 70 muestras. Granulometría de la subrasante clase 3 según la especificación AASHTO T-87-70; ASTM D 421-58, el valor obtenido está dentro de los parámetros especificados. El límite líquido y el índice de plasticidad están dentro de los límites especificados, ya que son inferiores a 25 y 6 respectivamente. El índice de desgaste está dentro de los límites, ya que es del 20,98% y es inferior al valor permitido del 50%. Las pruebas CBC miden la capacidad portante del suelo, el valor obtenido de las pruebas CBC no está dentro de la especificación dada en el Volumen 3 de las Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción de Carreteras y Puentes de ITOP. Al reutilizar o reciclar el caucho, intentamos reducir la contaminación ambiental, ya que el caucho no es un material biodegradable. Analizando los resultados obtenidos en la muestra de sustrato sin adición de caucho y comparándola con las muestras con adición de caucho en diferentes porcentajes, se observa una disminución de la resistencia del material. A partir de los resultados de los ensayos de compactación, se puede concluir que la adición de caucho al sustrato de la clase 3 es desfavorable, ya que la densidad seca y el contenido de humedad óptima disminuyen con el aumento de la adición de caucho. Se observó que a medida que aumenta el porcentaje de caucho en el material de prueba, el CBR disminuye significativamente.

(Sánchez, 2014), en su tesis de título: **“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ”**, para para optar el título profesional de Ingeniero Civil en la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, teniendo como objetivo general; estabilizar el suelo expansivo del sector Calcical del Cantón Tosagua, por medio de la aplicación de cal y cemento, para reducir su potencial de expansión, teniendo como conclusiones: Utilizando el análisis granulométrico hidrométrico se encontró que el porcentaje de arcilla (tamaño < 2) a 1m de profundidad es del 43% y a 2m de profundidad el porcentaje es del 57%, por lo que por encima de 2m hay porcentajes de expansión. El material estabilizado al 7% tiene una disminución del 8,5% en el límite elástico, un aumento

del 10% en el límite elástico y una disminución del 11,5% en el índice de ductilidad y es este porcentaje el que muestra la mayor disminución en el índice de ductilidad y ningún cambio significativo en el índice de ductilidad. La utilización de un 9% de cemento da lugar al valor más bajo del índice de ductilidad, que muestra una disminución del 36% con respecto al estado natural. El límite líquido aumenta en un 8% y el límite de plasticidad en un 61%. La densidad máxima de materia seca alcanzada por el suelo disminuye con el aumento del porcentaje de estabilizador y el contenido de humedad óptimo en la compactación, lo que significa que la densidad máxima de materia seca que puede ofrecer el suelo se alcanza con menos energía de compactación. Esto se debe a la presencia de un material muy fino que necesita más agua para hidratarse. Esto reduce no sólo la fuerza de expansión sino también la tasa de compactación. La presión de hinchamiento de las probetas no corregidas es menor que la de las tratadas porque el material no corregido tuvo que ser ensayado hasta un grado de saturación mayor que el requerido por la norma ASTM D4829, Standard Test Method for Soil Swelling Ratio, que especifica un 50% de saturación porque el agrietamiento durante el secado impide que las probetas sean esculpidas y formadas. El uso de cal viva como estabilizador reduce el porcentaje de hinchamiento del suelo en un 3%, el de cal en un 5% en un 40%, y el de estabilizador en un 7% en un 57%. Con el uso de cal, el potencial de hinchamiento se reduce de alto a medio con la adición de estabilizador 3 y 5% y se obtiene un bajo potencial de hinchamiento con la adición de cal 7%. El uso de cemento al 3% reduce el porcentaje de hinchamiento en un 57%, el uso de cemento al 5% lo reduce en un 74% y el uso de cemento al 7% lo reduce en un 87%. El uso del 3% de cemento reduce el potencial de hinchamiento de alto a medio, el uso del 5% lo reduce de alto a bajo, y el uso del 7% reduce el potencial de expansión de alto a muy bajo.

### **Antecedentes nacionales**

Como antecedentes nacionales para la siguiente investigación se considera: (Angulo & Rojas, 2016), desarrollaron un trabajo de investigación que lleva por título **“ENSAYO DE FIABILIDAD CON ADITIVO PROES PARA LA ESTABILIZACIÓN DEL SUELO EN EL AA. HH EL MILAGRO, 2016”**, con la finalidad de obtener el título profesional de Ingeniero Civil en la Universidad Científica del Perú, arribando

a las siguientes conclusiones: El objetivo del estudio era determinar la capacidad portante (CBR) de suelos y áridos compactados en laboratorio con un contenido de humedad óptimo y distintos grados de compactación. Los ensayos se realizaron en el Laboratorio de Mecánica de Suelos y Tecnología de Materiales de Construcción de la Universidad Ciencia del Perú - Iquitos, obteniéndose los siguientes resultados: para las muestras de suelo obtenidas por mezcla de 85% A-2-4(0) y 15% A7-5(9), se obtuvo un CBR de hasta 102%, mientras que para las muestras de suelo A-4(1) se obtuvo un CBR de 14,4% natural, 25,5% con 2% de cemento y 36,1% con 2% de cemento + adición de 0,3 lt/m<sup>3</sup>. La cantidad óptima de aditivo PROES para los suelos de carretera especificados fue de 0,30 lt/m<sup>3</sup> con una dosificación de cemento del 2%, dando lugar a una CB que oscilaba entre el 43,2% y el 102%. Se demostró que el uso de la tecnología PROES mejoraba la capacidad portante del suelo, unificaba las propiedades físicas y mecánicas generales del suelo y proporcionaba un rendimiento adecuado cuando se añadía el aditivo sólido al suelo (cemento PORTLAND).

**(Palomino, 2016)**, en su trabajo titulado: **“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZADOR MAXXSEAL 100”**. Tesis de grado para optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Privada del Norte, Cajamarca, teniendo como objetivo principal evaluar la capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con incorporación de 2%,4% y 6% del estabilizador Maxxseal 100. Como conclusiones del estudio se utilizó la capacidad portante (CBR) de suelos arcillosos estabilizados con 2%, 4% y 6% de Maxxseaal 100, para CBR a 0,1" con muestra estándar CBR 5. 10%, 2% Maxxseaal 100 un CBR 7%, 4% MaxxseaL 100 un CBR 9,60%, 6% MaxxseaL 100 un CBR 11%; para el CBR a 0,2", con una muestra de referencia CBR 5,40%, 2% MaxxseaL 100 un CBR 7,30%, 4% MaxxseaL 100 un CBR 10,10%, 6% MaxxseaL 100 un CBR 11%. 2", con muestra de referencia CBR 5,40%, con 2% MaxxseaL 100 un CBR 7,30%, con 4% MaxxseaL 100 un CBR 10,10%, con 6% MaxxseaL 100 un CBR 11%; para CBR 0,2", con muestra de referencia CBR 5. El suelo analizado es una arcilla de plasticidad baja a media (CL) según la clasificación SUCS y pertenece al grupo A-7-6 (5) según el sistema de clasificación AASHTO, que corresponde a suelos arcillosos<sup>4</sup>. Se determinó el cambio en el índice de plasticidad, que

disminuye al aumentar el porcentaje de estabilizador Maxxseal 100 por el índice de plasticidad: para suelos naturales PI 19%, con adición de 2% Maxxseal 100 a PI 16%, con adición de 4% Maxxseal 100 a PI 13%, con adición de 6% Maxxseal 100 a PI 10%,5. Se determinaron los parámetros de compactación del suelo que son la sequedad y el contenido de humedad óptimo, el primero se caracteriza por una ligera disminución de 1,75 g/cm<sup>3</sup> (muestra estándar) a 1,705 g/cm<sup>3</sup> (6% Maxxseal 100), la misma tendencia muestra el contenido de humedad óptimo, para la muestra estándar se obtuvo 18,12%, a una dosis de 6% de Maxxseal 100 reducida a 15,04%, la segunda se caracteriza por una ligera disminución de 1,75 g/cm<sup>3</sup> (muestra estándar) a 1,705 g/cm<sup>3</sup> (6% de Maxxseal 100), la misma tendencia muestra el contenido de humedad óptimo, para la muestra estándar se obtuvo 18,12%, a una dosis de 6% de Maxxseal 100 reducida a 15,04%.

(Taipe y Pillaca, 2014) en su tesis de título: **“PROPUESTAS TÉCNICAS Y ECONÓMICAS DEL USO DEL ADITIVO SIKA 21 Y T-PRO 500 PARA EL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS MECÁNICAS DE LA SUPERFICIE DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LAS CARRETERAS NO PAVIMENTADAS”**, para optar el grado de Ingeniero Civil en la Universidad Nacional de Huancavelica, tuvo como objetivo principal; evaluar el efecto de los aditivos SIKA 21 y T-PR0-500 en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de la superficie de rodadura en la carretera sin pavimentar que avanza en el km 5+000 de la carretera Ampucas - Socos - Puga-Loma. Las conclusiones son las siguientes: a) la muestra natural obtuvo el mejor comportamiento en términos de desgaste superficial durante el uso, b) el sector tratado con SI KA 21 presenta el mayor deterioro en términos de rugosidad. Su cambio es del 107% con respecto al IRI original del sector estándar sin aditivo (1Ripatron=4,50), c) Dos sectores tratados con SI KA 21 y el producto T -PR0-500 presentaron baches después de 80 días de aplicación, d) La aplicación del aditivo fue económica y técnicamente conveniente para mejorar la superficie de los caminos no pavimentados en las mismas condiciones.

(Castillo, 2018), en su tesis titulada **“INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ADITIVOS QUÍMICOS EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS**

**PARA USO COMO SUBRASANTE MEJORADA DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES CALAMARCA-HUASO, LA LIBERTAD, 2018**” para optar por el título profesional de Ingeniera Civil en la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Privada del Norte, tuvo como objetivo determinar la influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada. Se realizaron pruebas de CBR en tres localidades entre Calamarca - Huazo y se encontró que después de agregar 0.27 L/m<sup>3</sup> de aditivo líquido PROES y 45 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland, el CBR de las tres muestras evaluadas se incrementó de 6.90% a 109.80%, de 7.57% a 116.40% y finalmente de 7.54% a 114.28%, aumentando más de quince veces el CBR de la capa de suelo natural. Al mismo tiempo, se comparó el coste de un kilómetro de pavimento con aditivo PROES y sin aditivo de cemento Portland. El costo del pavimento con PROES y aditivo de cemento Portland es de S/ 368,487.90 por kilómetro y el costo del pavimento sin aditivo es de S/ 436,465.92 por kilómetro, lo cual es 18.45% mayor que el primero. También se demostró que el tiempo de construcción del pavimento con aditivos se reduce en un 30,77% en comparación con el pavimento sin aditivos. Como resultado del estudio, se concluyó que es técnica y económicamente factible la construcción del pavimento utilizando el aditivo PROES y el cemento Portland como estabilizador del suelo.

(Atarama, 2015), en su tesis titulada **“EVALUACIÓN DE LA TRANSITABILIDAD PARA CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO ESTABILIZADOS CON ADITIVO PROES”** para la Facultad de ingeniería civil de la Universidad de Piura, tuvo como objetivo demostrar que el uso del aditivo PROES incrementa las propiedades mecánicas del suelo. Concluyó que el aumento de la capacidad de carga relativa y de la resistencia. La mejora de los resultados del CBR se confirmó con un aumento de los resultados de las pruebas de hasta un 300% para el material con contaminación en comparación con el material sin contaminación. Los resultados del CBI son consistentes con los valores de diseño esperados de la subbase estabilizada, ya que el diseño dio como resultado un número estructural de 0,87 del 116%. La rugosidad de la capa de rodadura en la zona de estudio es similar a la de cualquier carretera, aunque sea de rehabilitación. Esto demuestra que para este tipo de carretera de baja demanda, se puede construir una carretera de alta calidad

sin un alto coste de construcción utilizando el aditivo PROES. El número estructural alcanzado en algunos segmentos de la sección es un 200% superior al previsto. Esto no es perjudicial para la carretera porque lo único que cambiará es el tiempo de fallo estructural, que en cualquier caso será de al menos 5 años (periodo de diseño). Las diferencias en los resultados de los números estructurales se deben a que son muy diferentes entre sí. Las diferencias en los resultados de los números estructurales se deben a las diferencias geográficas y climáticas presentes en este tramo, derivadas del hecho de que atraviesa la cordillera de los Andes. Así, las secciones elevadas tienen un número estructural más bajo porque la humedad es mayor y la temperatura es más baja, lo que dificulta la reacción adecuada de los aditivos sólidos y líquidos. Sin embargo, cabe señalar que en ningún caso se produjo una reducción del valor esperado. En cuanto a los datos, se puede observar que después de la estabilización con un aditivo, los valores obtenidos en la evaluación de la subrasante estabilizada son siempre cercanos a la media, lo que garantiza una baja dispersión. Esto es muy útil para las carreteras, ya que la idoneidad de la carretera será muy similar en todo el tramo. Considerando que todos los parámetros mínimos indicados en el diseño se han cumplido y garantizan un nivel adecuado de trabajabilidad, se puede concluir que el aditivo PROES mejora las propiedades físicas y mecánicas del pavimento. Es importante tener en cuenta que el aditivo por sí solo no proporciona protección contra el desgaste por rodadura, por lo que debe ser protegido por el mortero asfáltico. No se encontraron estudios locales relacionados con la presente investigación.

## **Teorías de la investigación**

### **Estabilización de suelos con aditivos**

Las teorías relacionadas a la siguiente investigación serán las siguientes: Cada tipo de aditivo químico tiene su propio mecanismo y efecto sobre las propiedades del suelo. Por ejemplo, se observa que hay diferencias considerables entre los suelos tropicales y los suelos más comunes de los climas templados. La meteorización de las rocas en estas zonas es muy intensa, lo que puede describirse por la rápida descomposición de los feldspatos, así como de las materias primas ferromagnesianas, el movimiento de los álcalis que implican  $\text{Na}_2\text{O}$ ,  $\text{K}_2\text{O}$ ,  $\text{MgO}$  y sílice, y la absorción de los óxidos de aluminio y hierro (Eisazadeh et al., 2011).



Este procedimiento que implica la fuga de sílice y la descomposición de los óxidos de hierro y aluminio se denomina lateritización (Gidigasú, 1972).

Los suelos lateríticos se encuentran en seis zonas del planeta: África, India, Sudeste Asiático, Australia, América Central y América del Sur. Sin embargo, se subraya que, debido a los desplazamientos de las zonas climáticas en el pasado geológico, se pueden encontrar zonas lateríticas adecuadas en lugares fuera de los trópicos (Zelalem, 2005). Esta categoría de suelos es rica en arcilla, hierro y arcillas caoliníticas (Townsend, 1985). Este grupo de suelos suele encontrarse en laderas y ofrece excelentes zonas de cultivo para una amplia gama de aplicaciones en la construcción. El uso óptimo viene determinado por el número de problemas de construcción asociados a su idoneidad para el uso, la compactación en el campo y la durabilidad. Los estudios demuestran que el suelo laterítico constituye una parte importante del suelo malayo y se ha utilizado en diversas zonas y proyectos como suelo natural (Salih, 2012; Eisazadeh, 2013).

Los suelos lateríticos se encuentran en seis zonas del planeta: África, India, Sudeste Asiático, Australia, América Central y América del Sur. Sin embargo, se subraya que, debido al desplazamiento de la zona climática en el pasado geológico, se pueden encontrar áreas lateríticas adecuadas en lugares que no pertenecen a la zona tropical (Zelalem, 2005). Esta categoría de suelos es rica en arcilla, hierro y arcillas caoliníticas (Townsend, 1985). Este grupo de suelos suele encontrarse en laderas y ofrece excelentes zonas de cultivo para una amplia gama de aplicaciones en la construcción. El uso óptimo viene determinado por el número de problemas de construcción asociados a su idoneidad para el uso, la compactación en el campo y la durabilidad. Los estudios demuestran que el suelo laterítico constituye una parte importante del suelo malayo y se ha utilizado en diversas zonas y proyectos como suelo natural (Salih, 2012; Eisazadeh, 2013).

### **Aditivos tradicionales y no tradicionales**

La estabilización del suelo con aditivos es un método químico que puede utilizarse para mejorar los suelos con malas propiedades de ingeniería. Sin embargo, a veces es necesario añadir algunos aditivos al suelo para mejorar sus propiedades y poder

utilizarlo para fines específicos del proyecto. Los estabilizadores de suelos se dividen en tradicionales y no tradicionales (Eisazadeh, 2010). Entre los aditivos tradicionales se encuentran el cemento, la cal, las cenizas volantes y los materiales bituminosos, mientras que los aditivos no tradicionales consisten en diversas combinaciones como enzimas, polímeros líquidos, resinas, ácidos, silicatos, iones y derivados de la lignina (Tingle et al., 2007; Hafez et al., 2008).

Los aditivos no tradicionales pueden producirse utilizando diferentes tipos de productos químicos que producen diferentes reacciones cuando se añaden al suelo. Sin embargo, los informes publicados sobre estos aditivos son todavía escasos en comparación con los aditivos convencionales, tanto en términos de su acción geotécnica como de los mecanismos básicos de estabilización. Además, sus propietarios mantienen en secreto sus componentes químicos exactos. En los últimos años, algunos investigadores han estudiado mezclas de diferentes suelos y polvos estabilizadores de calcio no tradicionales. Los resultados de su evaluación mostraron que estos aditivos tienen el potencial de mejorar el rendimiento del suelo, especialmente su resistencia (Peethamparan et al, 2008; Obuzor et al, 2012; Manso et al, 2013; Agapitus, 2013).

Varias empresas comercializan activamente estabilizadores de suelo líquidos no cálcicos. Además de ser más baratos de transportar que los estabilizadores tradicionales a granel, estos productos son alternativas potencialmente atractivas para el tratamiento del suelo. La composición química exacta de estos estabilizadores no se ha revelado debido a su nombre comercial. La mayoría de las veces se venden como líquidos concentrados que se diluyen con agua in situ. Algunos se aplican directamente al suelo antes de la compactación, mientras que otros se aplican a presión en las capas más profundas. Cabe señalar que estudios anteriores han demostrado que los aditivos líquidos no tradicionales pueden ayudar a aumentar la resistencia del suelo durante el curado (Zhu y Liu, 2008; Fon, 2010; Liu et al, 2011; Ahmad et al, 2013).

### **El aceite sulfonado**

El aceite sulfonado es un estabilizador líquido consistente de procedentes sulfonados de hidrocarburos bituminosos y sales minerales. El nombre genérico empleado es Aceite Sulfonado, que tiene su fundamento en la interacción de los aditivos químicos y las arcillas presentes en el suelo, creando una reacción que, junto con aumentar su resistencia, mejora su duración frente al agua y mejora su comportamiento frente a los esfuerzos que genera el tránsito. (PROESTECH, 2017).

**Tecnología PROES (Aceite Sulfonado):** El proceso de estabilización química PROES (patentado) trata el suelo natural, transformándolo en un sustrato impermeable, estable (CBR > 100%) y flexible. El proceso incluye: a. Suelo natural con plasticidad b. Aditivo líquido Proes100 que actúa para ionizar y agilizar las partículas del suelo. c. Un aditivo sólido que sirve de aglutinante. La sub-base hecha con Proes100 es eficaz para proporcionar capacidad estructural de soporte a la carretera. Debe adherirse a la superficie de la carretera para proporcionar una protección adicional contra la abrasión producida por los vehículos y de acuerdo con la norma de funcionamiento prevista. (PROESTECH, 2017).

La dosificación requiere que el suelo a tratar, de acuerdo con las pruebas y especificaciones de PROES, tenga unas condiciones de composición adecuadas.

- Al suelo a tratar se le añadirá un aditivo sólido en forma de relleno aglomerado, que se especificará para cada proyecto y se gestionará in situ.
- El aditivo líquido Proes100 se añadirá al suelo en una proporción de 0,25 a 0,35 litros/m<sup>3</sup> de suelo estabilizado y compactado. Debe utilizarse una cisterna en la que Proes100 se diluya con agua (al menos 1:50) antes de la aplicación. En caso de almacenamiento prolongado, el aditivo líquido debe agitarse intensamente antes de su uso.
- El proceso consiste en voltear y extender la tierra tratada con una motoniveladora o una recicladora y luego compactarla con un rodillo vibratorio. (PROESTECH, 2017).

**Las condiciones químicas del aditivo líquido** en el sistema de pavimentación con Tecnología PROES consiste en la estabilización química de suelos que presentan características de baja capacidad de soporte y que son inestables (arcillas), que luego formarán parte de la estructura de un pavimento. La Tecnología PROES nace de un desarrollo conjunto con la empresa de ingeniería PROFUND en el año 1996, con apoyo y reconocimiento de la Corporación de Fomento de Chile, y que se encuentra patentada en Chile, Perú, Colombia, México y otros países en curso. (González, 2017).

**La Tecnología PROES**, tiene su fundamento en la interacción de los aditivos químicos y las arcillas presentes en el suelo, creando una reacción que, junto con aumentar su resistencia, mejora su estabilidad frente al agua y mejora su comportamiento frente a las cargas del tránsito. La reacción generada, se basa en la ionización, ordenamiento y aglomeración de partículas. Una de las principales características es la incorporación de minerales afines al suelo, a través de dos aditivos: un aditivo líquido y otro sólido (como la cal, cemento y cenizas); los cuales son clave para el proceso de estabilización química. El proceso se logra mediante el intercambio iónico y reacciones puzolánicas entre estos aditivos y las arcillas. El intercambio iónico ocurre rápidamente, en general dentro de unas pocas horas. El resultado inmediato es un incremento en la resistencia al corte del suelo (producto de un aumento en la cohesión de las partículas) y una disminución en la capacidad de absorber aguas de las arcillas, en un ambiente que propicia el intercambio y reacción sin la formación de grietas por retracción. (PROESTECH, 2017)

En el mediano y largo plazo, se desarrollan reacciones puzolánicas que aumentan en forma significativa la resistencia del suelo. Todos estos cambios en las propiedades físicas y mecánicas, mejoran el desempeño del suelo, y, por lo tanto, transforman un material de baja calidad en uno apto para su uso en capas estructurales de pavimentos. (PROESTECH, 2017).

Figura 3: Esquema del proceso de dosificación de una base con tecnología Proes.



Fuente: Proestech Perú

**La estabilización química con la tecnología PROES**, se refiere a agregar el aditivo PROES en proporciones establecidas a materiales seleccionados para conformar capas estructurales (bases o subbases), o a suelos de subrasante para mejorar las propiedades de ingeniería de los materiales que formarán parte de la estructura de un pavimento. Se entiende que la estabilización modifica el material tratado de su condición original a una condición cementada. En caso que la estabilización química produzca un efecto diferente a lo aquí indicado la presente especificación no es aplicable. Los escenarios que favorecen la utilización de estabilización química son normalmente: Cuando la subrasante existente es débil o cambia significativamente su comportamiento ante cambios de humedad, en este caso, al mejorar la capacidad de soporte de la subrasante, se dispondrá de una plataforma de trabajo más estable, además de disminuir los espesores de las capas superiores de pavimento; cuando no existe material granular adecuado para la fabricación de bases o subbases en las cercanías del proyecto, en este caso, se puede preparar y estabilizar un material disponible de forma tal que cumpla los requerimientos mecánicos de un material para base o subbase. (PROESTECH, 2017).

**El cemento Portland** es un conglomerado hidráulico, es decir, un material inorgánico finamente molido que, mezclado con agua, forma una pasta que se solidifica, se endurece y conserva su resistencia y estabilidad incluso bajo el agua. Este proceso se llama hidratación. (CEMEX, 2019).

Cemento de alta calidad especialmente diseñado para obras de hormigón armado y pretensado, estructuras que requieren una rápida demolición, fabricación de bloques y ladrillos de hormigón, pavimentos, cimentaciones, su rápido endurecimiento permite el desarrollo del hormigón en climas fríos.

Figura 4: Cemento Portland Tipo 1



En la superficie de cada partícula se forma una capa fibrosa que se extiende hasta adherirse a otra partícula de cemento o adherirse a sustancias adyacentes. El crecimiento fibroso conduce a la rigidez, el endurecimiento y el aumento gradual de la resistencia.

Cuando se añade a los áridos (arena y grava, piedra triturada u otro material granular), actúa como pegamento y los une para formar el hormigón, el material de construcción más versátil y utilizado en el mundo.

Todos los tipos de hormigón a base de cemento Portland I, tienen un alto grado de resistencia y durabilidad, como demuestran los grandes edificios, las obras públicas

y otras estructuras, algunas de las cuales se encuentran incluso en las condiciones geográficas más duras, como por ejemplo cerca del mar.

Hoy en día, se elaboran distintos tipos de cemento Portland para cubrir diferentes necesidades. Se producen conforme a la normativa legal del país. En el caso del Perú, existe el NTP (Normativa Técnica Peruana) NTP 334.009 (Cementos Portland. Requisitos), fundamentada en la ASTM C 150 contemplando 5 tipos de cementos:

**Cemento tipo I:** cemento de uso general adecuado para todas las aplicaciones en las que no se requieren las propiedades especiales de otros cementos. Sus aplicaciones en el hormigón incluyen pavimentos, suelos, puentes, tanques, tuberías, bloques de ladrillo y prefabricados de hormigón.

Debido a la naturaleza química de sus ingredientes, que aseguran un fraguado más rápido y una alta resistencia inicial, es un cemento ideal para combinar con todo tipo de áridos convencionales.

Por otro lado, **la subrasante** es el material “in situ” sobre el cual se coloca la estructura del pavimento, es, asimismo, la fundación sobre el cual el pavimento será construido”. Aunque existe una tendencia a observar el rendimiento del pavimento en términos de estructura del pavimento y diseño de mezcla solo, la subrasante a menudo puede ser el factor principal en el rendimiento del pavimento. (Pavement Interactive, 2020).

**Tabla 1** *Categorías de sub rasante*

CATEGORIAS DE SUB RASANTE	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR<3%
S1: Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%

S3: Sub rasante Buena	De CBR $\geq$ 10% a CBR < 20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR $\geq$ 20% a CBR < 30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR $\geq$ 30%

Fuente: MTC 2014

Mientras que la subrasante es el nivel de corte y relleno que es la capa de suelo final de la estructura de la carretera, actúa como un soporte para la estructura del pavimento y de acuerdo con MTC (2014) Guías de Suelo, la subrasante es la ubicación directa de la estructura del pavimento y parte del prisma de la carretera construida en la parte superior del terreno natural intervenido y ser..

Las propiedades físicas de la subrasante, se caracterizan típicamente por su resistencia a la deformación bajo carga, en otras palabras, su rigidez o por su capacidad de carga, en otras palabras, su resistencia. En general, cuanto más resistente a la deformación es una subrasante, más carga puede soportar antes de alcanzar un valor crítico de deformación. Aunque existen otros factores involucrados al evaluar materiales de subrasante (como el encogimiento, hinchamiento en el caso de ciertas arcillas y cenizas), la rigidez es la caracterización más común. AASHTO (1993), indica que existen tres caracterizaciones básicas de rigidez / resistencia de subrasante comúnmente utilizadas en los EE. UU y a nivel mundial.

- Relación de demora de California (CBR). Una prueba simple que compara la capacidad de carga de un material con la de una piedra triturada bien graduada (por lo tanto, un material de piedra triturada de alta calidad debe tener un CBR de aproximadamente el 100%). CBR es básicamente una medida de fuerza. Está destinado principalmente, pero no limitado a, evaluar la resistencia de los materiales cohesivos no estabilizados que tienen un tamaño máximo de partículas de menos de 0.75 pulgadas. Fue desarrollado por la División de Carreteras de California alrededor de 1930 y posteriormente fue adoptado por numerosos estados, condados, agencias federales de EE. UU. E internacionalmente. La mayoría de los laboratorios geotécnicos



comerciales y de agencias en los EE. UU. Están equipados para realizar pruebas de RBC.

- Valor de resistencia (valor R). Una prueba que expresa la resistencia a la deformación de un material en función de la relación entre la presión lateral transmitida y la presión vertical aplicada. Es esencialmente una prueba de compresión triaxial modificada. A los materiales probados se les asigna un valor R.
  - El aparato de prueba utilizado en la prueba de valor R se llama estabilómetro y es idéntico al utilizado en el diseño de mezcla Hveem HMA. El valor R es básicamente una medida de rigidez.
- Módulo resistente (MR). Una prueba utilizada para estimar el módulo elástico (la relación tensión-deformación de un material). La prueba de módulo elástico aplica una tensión cíclica axial repetida de magnitud fija, duración de carga y duración del ciclo a una muestra de prueba cilíndrica. Mientras que la muestra se somete a este esfuerzo cíclico dinámico, también se somete a un esfuerzo de confinamiento estático proporcionado por una cámara de presión triaxial. Es esencialmente una versión cíclica de una prueba de compresión triaxial; Se cree que la aplicación de carga cíclica simula con mayor precisión la carga de tráfico real. El módulo resiliente es básicamente una medida de rigidez.

**Tabla 2** Valores típicos de CBR y módulo de elasticidad para diversos materiales

<b>Materia (USC dado donde corresponda)</b>	<b>CBR</b>	<b>Valor R</b>	<b>Módulo elástico o resiliente (psi)</b>
Diamante	-	-	170.000.000
Acero	-	-	30.000.000
Aluminio	-	-	10.000.000
Madera	-	-	1 – 2.000.000
Suelos arenosos (SW, SP, SM, SC)	5 – 40	7 – 40	7.000 – 30.000
Piedra triturada (GW, GP, GM)	20 – 100	30 – 50	20.000 – 40.000
Suelos limosos (ML, MH)	Mar-15	May-25	5.000 – 20.000
Suelos Arcillosos (CL, CH)	3 – 10	5 – 20	5.000 – 15.000
Suelos orgánicos (OH, OL, PT)	1 – 5	Menos de 7	Menos de 5.000

*Fuente: Pavement Interactive*

Hay muchas ecuaciones de correlación diferentes entre CBR, valor R y módulo resiliente. Cada uno tiene sus limitaciones, que deben encabezarse. La Tabla 3 presenta algunas de las ecuaciones de correlación más populares.

**Tabla 3:** Ecuaciones de correlación de resistencia / rigidez de subrasante seleccionadas

<b>Ecuación</b>	<b>Origen</b>	<b>Limitaciones</b>
$MR = (1500)(CBR)$	Heukelom & Klomp (1962)	Solo para suelos de grano fino no expansivo con un CBR empapado de 10 o menos.
$MR = 1,000 + (555)(R\text{-value})$	1993 AASHTO Guide	Solo para suelos de grano fino no expansivo con valores R de 20 o menos
$M_R = 2555 \times CBR^{0.64}$	AASHTO 2002 Design Guide	Una conversión justa en una amplia gama de valores.

*Fuente: Pavement Interactive*

Según la norma INV E 126, El índice de plasticidad del suelo es la cantidad de intervalo de humedad expresada como porcentaje del peso seco del suelo, lo que indica que el material está en estado plástico. Este índice corresponde a la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite de plasticidad del suelo.

### **El índice de plasticidad**

El índice de plasticidad del suelo puede definirse como la diferencia entre el límite líquido y el límite elástico. Índice de plasticidad = límite elástico - límite de fluencia.

### **El límite líquido**

El límite líquido en el suelo es la cantidad de humedad expresada en porcentaje en el suelo secado al horno cuando se encuentra en el límite entre el líquido y el plástico. 1.2 A los efectos de esta especificación, cada valor registrado o calculado se expresará a la centésima más cercana.

### **El índice de fluidez de un suelo**

El índice de fluidez de un suelo, es la medida de la consistencia o la facilidad relativa con que un suelo puede deformarse espontáneamente dada por la relación numérica entre a) la diferencia entre el contenido de agua de un suelo y su límite plástico, y b) su índice de plasticidad.  $I_f = (w - w_p) / IP$ . (INV, 2007)

### **El límite de contracción del suelo**

El límite de contracción del suelo se define como la cantidad mínima de agua que no disminuirá el volumen de la muestra de suelo con la disminución del contenido de agua, pero aumentará el volumen de la muestra de suelo con el aumento del contenido de agua.

$LC = w - ((V_h - V_s) * \gamma_w) / m_s * 100$  LC = límite de contracción, %; w = humedad del suelo en el momento que fue moldeado, %;  $V_h$  = volumen de la pastilla de suelo húmedo,  $cm^3$  (ml);  $V_s$  = volumen de la pastilla de suelo seco,  $cm^3$  (ml);  $\gamma_w$  = densidad del agua,  $gr/cm^3$  (gr/ml); y  $M_s$  = masa del suelo seco, g. (SENSICO, 2014)

### **Índice CBR**

Determinar el Índice CBR (California Bearing Ratio), utilizando muestras compactadas en el laboratorio. El CBR es un índice utilizado para medir la capacidad portante de los subsuelos, los cimientos y las fundaciones de los pavimentos. La prueba suele realizarse en condiciones controladas de humedad y densidad. (Universidad Politécnica de Madrid, 2015)

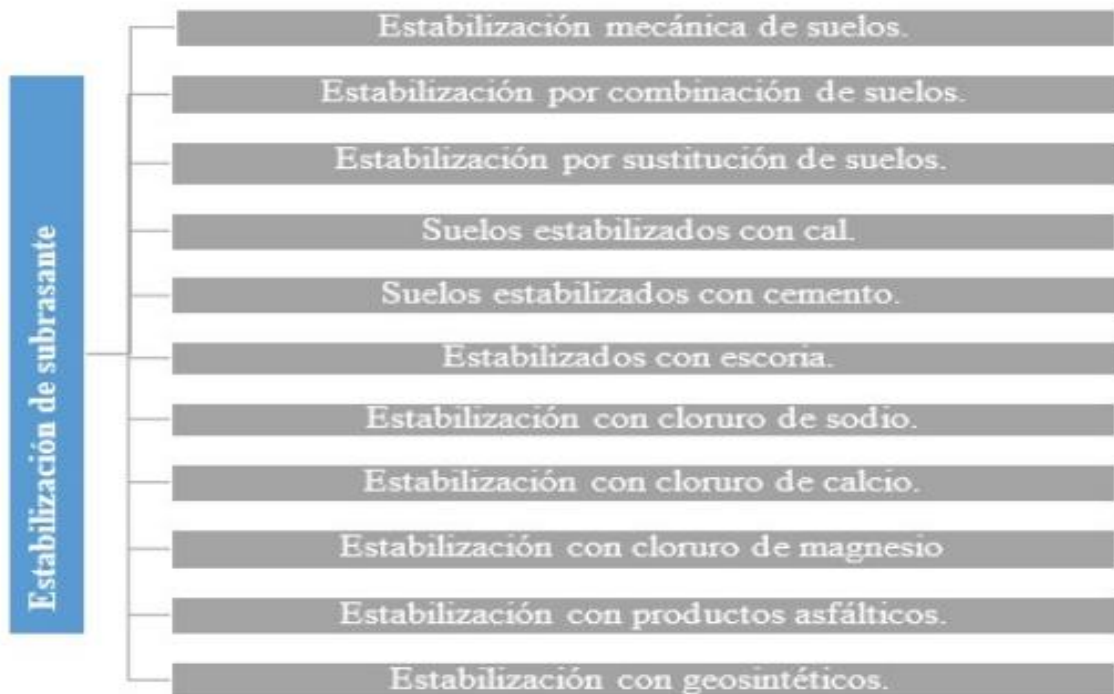
El Ensayo CBR (California Bearing Ratio: es un parámetro del suelo que determina la capacidad portante del suelo como subbase, subrasante y base para el diseño de pavimentos. Es una prueba empírica realizada en condiciones controladas de humedad y densidad. (Flores, 2015)

Por lo que el cálculo del CBR de cualquier material se realiza como una regla de tres simple directa:  $\% CBR = (carga\ unitaria\ del\ ensayo / carga\ unitaria\ patrón) * 100\ \%$ , teniendo en cuenta que la carga unitaria patrón varía en función de la penetración (a 0.1", 1000 psi; a 0.2", 1500 psi; a 0.3", 1900 psi). (Araujo, 2014).

## Estabilización de la Subrasante

Estabilización de la Subrasante, se puede realizar por diferentes métodos según los ofrecidos por el MTC, en el Manual de carreteras, suelos, geología y pavimentos, con respecto al mejoramiento y estabilización de suelos. Su principal objetivo es aumentar la resistencia mecánica, haciendo que el suelo tenga mayor trabazón entre partículas y asegurando que las condiciones de humedad varíen dentro de los rangos adecuados. (Chávez & Odar, 2019)

Figura 5. Estabilización de subrasante



Fuente: Manual MTC 2014

Chávez Y Odar (2019), son dos aplicaciones principales de la estabilización: Reducción del espesor: la dureza y la rigidez del sustrato pueden mejorarse añadiendo aditivos para reducir el espesor del diseño en comparación con los materiales no tratados. El espesor de la base estructural puede reducirse si el material de la base estabilizada tiene la gradación, dureza, estabilidad y durabilidad necesarias.

Por otro lado, la mejora de la calidad del suelo, una de las principales mejoras que se obtienen con la estabilización es, por un lado, un cambio en la granulometría de los suelos y una reducción del índice de plasticidad y del potencial de expansión. Por otro lado, su resistencia y dureza aumentan. En los climas húmedos, la estabilización también puede utilizarse para proporcionar una superficie más adecuada para los trabajos de construcción.

Mientras tanto, en la Routes To Finance (2020), indican las ventajas, materiales, el mejoramiento de estos y dan algunas recomendaciones y consejos al trabajar con suelos para subbase, siendo su una capa de subbase sólida debería ofrecer las siguientes ventajas:

- Proporcionar fuerza y apoyo al pavimento suprayacente.
- Proporcionar drenaje y protección contra heladas.
- Evitar asentamientos en pavimento y losa en pendiente
- Sea reutilizable si decide cambiar la superficie de su pavimento
- Mantener a los trabajadores fuera del barro
- Cree una superficie viable antes de colocar el pavimento terminado
- Reduce los costos de construcción

Los materiales de subbase típicos son algunos de los materiales de subbase más utilizados incluyen:

- Hormigón reciclado
- Relleno granular
- Agregado manufacturado
- Roca triturada
- Hormigón magro
- Materiales reciclados, como hormigón triturado o ladrillo

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1 Tipo y diseño de investigación**

##### **Tipo de investigación**

La presente investigación es de tipo aplicada porque: Según Valderrama, Santiago (2016 p.164), tiene como objetivo adquirir nuevos conocimientos y verificar los cambios en el proceso antes y después de la aplicación de la cal. Esto significa que contribuye al conocimiento científico de los estudios anteriores.

##### **Diseño de investigación**

Es una investigación de diseño experimental porque el investigador manipula una o varias variables. Además, se intenta buscar relaciones o elementos causales del fenómeno (Kerlinger y Lee, 2002). Se recogerán muestras de suelo en la zona de estudio y se someterán a pruebas CBR tras la aplicación del aceite sulfonado.

##### **Nivel de investigación**

El nivel de investigación es explicativo porque como lo sostiene (Sabino, 1992), "Son aquellos trabajos donde nuestra preocupación se centra en determinar los orígenes o causas de un determinado conjunto de fenómenos. Su objetivo, por lo tanto, es conocer por qué suceden ciertos hechos, analizando las relaciones causales existentes o, al menos, las condiciones en que ellos se producen". Por lo tanto, para optimizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, es necesario estudiar el efecto de la estabilización con diferentes porcentajes de aceite sulfonado.

##### **Enfoque de investigación**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, dado que se aplicarán cálculos estadísticos, partiendo del cálculo de muestras representativas para mostrar lo que

sucede, la cuantificación de la información de las fuentes primarias, la construcción de relaciones numéricas a partir de la base de datos, pasando por el cálculo de valores promedio, y de acuerdo a los criterios de segmentación, se obtiene información en porcentajes y unidades promedio, lo que permite sacar conclusiones y recomendaciones finales (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

## **3.2 Variables y operacionalización**

### **3.2.1 Variable independiente: Aplicación del aceite sulfonado**

La variable independiente se define como la variable de nivel experimental. El investigador opera sobre ella para probar una hipótesis. Es una variable formada por rasgos o características que influyen en el comportamiento de otras variables. En este estudio, la variable independiente es:

X: Aplicación del aceite sulfonado

### **3.2.2 Variable dependiente: Estabilidad de subrasante**

La variable dependiente se caracteriza porque su comportamiento es función del valor de la variable independiente. Para este estudio, la variable dependiente es:

Y: Estabilidad de subrasante

## **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

### **3.3.1 Población**

Carrasco, (2008) el autor considera que, “es una agrupación de todos los elementos (unidades de análisis) que pertenecen al entorno espacial en el que se desarrolla la investigación” (p.236)

La población objeto de estudio es la avenida La Cultura, distrito de Pacucha y provincia de Andahuaylas.

### **3.3.2 Muestra**

Sobre la muestra el autor considera que: “es una parte característica de la población, cuyos rasgos principales deben ser insesgados y reflejarla realmente para que los resultados obtenidos en la muestra puedan

generalizarse a todos los componentes que conforman la totalidad de la población” (Carrasco, 2008, p.236)

En el presente trabajo de investigación, realizaremos un muestreo del suelo. Se excavaron dos zanjas, una en la primera cuadra y la otra en la segunda de la Avenida La Cultura, distrito de Pacucha y provincia de Andahuaylas, a una profundidad de 1,5 a 2 metros.

Asimismo, el muestreo es de tipo no probabilístico o por conveniencia, es decir, dicha muestra es accesible y próximo para el investigador (Hernández, Fernández y Baptista, 2014).

Se escogió el lugar más crítico de la avenida La Cultura, distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

#### **3.4.1 Técnicas de recolección de datos**

La exploración directa determinará las condiciones ideales para el estudio. A su vez, durante los experimentos, los datos se registrarán utilizando las siguientes técnicas:

- **Investigación de campo:** Se realizan excavaciones de campo (calicatas) en la avenida La Cultura, provincia y distrito de Andahuaylas. Los datos obtenidos en el campo se utilizarán para desarrollar estudios de referencia para la categoría de suelos AASTHO, junto con otros estudios importantes como el análisis granulométrico, la granulometría, la relación densidad-humedad, los límites de Atterberg, el índice de plasticidad, la densidad seca máxima y la capacidad portante del suelo estabilizado.
- **Observación directa:** Se utilizarán herramientas adicionales, como una cámara, para grabar un panel fotográfico de los procedimientos, que se almacenará en una unidad USB y se archivará en equipos como ordenadores portátiles y/o computadoras.

Los instrumentos consisten en materiales utilizados por los investigadores para recopilar datos de pruebas o ensayos, así como hojas informativas. Para



seleccionar el instrumento a utilizar, es importante considerar su congruencia dimensional. Por lo tanto, la siguiente tabla muestra y define la relación medida-instrumento:

**Tabla 4**

*Dimensiones e Instrumentos*

<b>Dimensiones</b>	<b>Instrumentos</b>
Características del aceite sulfonado	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha técnica</li> <li>• Ensayo laboratorio</li> </ul>
Dosificación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha técnica</li> <li>• Ensayo de laboratorio</li> <li>• Balanza de precisión</li> </ul>
Plasticidad	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha técnica</li> <li>• Límites de Atterberg</li> <li>• Tamiz</li> <li>• Proctor modificado</li> </ul>
Compactación	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ficha técnica</li> <li>• Ensayo de contenido de Humedad</li> <li>• Balanza</li> <li>• Horno</li> <li>• Proctor modificado</li> </ul>
Resistencia del suelo	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Prensa de carga</li> <li>• Ensayo CBR</li> <li>• Proctor modificado</li> <li>• Manual de Carreteras sección de suelos y pavimentos MTC (2014)</li> </ul>

(Fuente: propia. Elaboración propia, diciembre 2020)

### **3.4.2 Validez y confiabilidad**

El principio de validez es la base de la investigación científica. Representa el pleno establecimiento del concepto experimental y de investigación si los resultados cumplen todos los requisitos de la investigación científica. Garantiza que los métodos, las estrategias y la filosofía de la investigación se apliquen adecuadamente durante el transcurso del estudio. La validez interna confirma que el diseño de la investigación está bien concebido y cumple todos los requisitos de la investigación científica (Clark , 2005). Por otro lado, la

validez externa está relacionada con el examen de los hallazgos y resultados de la investigación.

La validación y verificación de los instrumentos y herramientas de recolección de datos se realizó con el apoyo de expertos en mecánica de suelos y de manera colegiada y con la aprobación del Colegio de Ingenieros del Perú, por supuesto todos los ensayos fueron obtenidos y verificados por el Laboratorio de Mecánica de Suelos de INGEOTECOM.

La confiabilidad se refiere a la aceptabilidad de la hipótesis. Esto se refiere a los resultados y requiere que el estudio muestre resultados significativos que sean intrínsecamente replicables y aplicables por otros investigadores. Esto refuerza los resultados del estudio y garantiza una mayor aceptabilidad. Esto se consigue mediante el uso de herramientas y métodos fiables. La replicación de los resultados estadísticos es necesaria para satisfacer las necesidades de la investigación y la experimentación. La fiabilidad puede definirse como la capacidad de una herramienta de evaluación para generar resultados consistentes y estables. (Descombe, 2007).

### **3.5 Procedimientos**

Según (Kerlinger & Lee, 2002), en el caso del diseño experimental, existe una situación en la que el investigador asigna aleatoriamente objetos o individuos a los grupos experimentales. Para el fenómeno en estudio, se prepararán muestras divididas en dos grupos equivalentes (A y B), que se someterán al mismo tratamiento en cuanto a la elaboración y el acabado final. Sin embargo, la adición de cal se aplicará en el grupo A, mientras que en el grupo B no se aplicará. Cabe señalar que cualquier diferencia en los resultados estará sujeta a la intervención del investigador.

Sin embargo, una desventaja del experimento de laboratorio es que los resultados no pueden generalizarse a la situación natural porque el nivel de control de las variables extrañas o que interfieren en el fenómeno se reduce o se elimina en condiciones de laboratorio.

Para el siguiente proyecto los procedimientos serán:

- Desarrollar un plan de trabajo de laboratorio
- Petición a las autoridades correspondientes de la zona de la investigación para extraer muestras del suelo.
- Reconocimiento de las calicatas del área del estudio de campo.
- Preparación de equipos e instrumentos para llevar a cabo pruebas físicas de lo extraído del suelo.
- Preparación de equipos e instrumentos para efectuar pruebas de proctor modificado.
- Preparación de equipos y herramientas para efectuar pruebas de CBR.
- Ensayos CBR con el uso de la cal en porcentajes 4%,6% y 8%.

### 3.6 Método de análisis de datos

La evaluación de la información obtenida sobre el terreno se llevará a cabo y se registrará en tablas representativas elaboradas con herramientas Excel. Las fichas proporcionarán una base de datos, tablas y gráficos que ayudarán a comprender el fenómeno estudiado.

**Tabla 5** *Análisis de datos obtenidos en la investigación según dimensión.*

Variables	Dimensión	Análisis de datos
<b>Aceite sulfonado</b>	Porcentaje de aceite sulfonado	Utilizado como porcentaje del peso seco de la muestra de suelo estabilizado, se esperaba que cuanto mayor fuera el porcentaje, mayor sería el efecto (mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo) y viceversa.
	Condiciones químicas del aditivo líquido	Su reconocimiento se basa en la gravedad específica, el pH, la estabilidad y el reparto de riesgos, ya que su uso está supeditado a la obtención del resultado deseado sin alterar significativamente la dosificación base, a que el producto no afecte negativamente a otras propiedades del hormigón y a la justificación de su uso en el análisis de costes.
	Proceso de estabilización química	Se considera un conjunto de conocimientos y técnicas que, aplicados de forma lógica y ordenada, permiten mejorar el suelo, es decir, es un proceso combinado de pensamiento y acción para crear soluciones útiles aplicadas al suelo natural con plasticidad, tiene un aglutinante, ioniza y organiza las partículas del suelo, resistencia y fuerza.
<b>Subrasante</b>	Propiedades físicas de subrasante	Se considera que es la variable más importante a tener en cuenta en el diseño de las estructuras de los

		pavimentos porque permanece constante incluso con tratamientos como la homogeneización, la compactación, etc.
	Índice de plasticidad	Se determinó y evaluó el cambio en su magnitud con la adición de estabilizador en comparación con la obtenida de los suelos sin estabilizador; se asumió que su magnitud disminuye con la adición de más aditivo.
	Índice de contracción	Cuantifica y estima el cambio en su valor con la adición del aditivo estabilizador en comparación con el obtenido del suelo sin aditivo estabilizador; se esperaba que su valor disminuyera con la adición de más aditivo.
	Índice CBR	Cuantifica y estima el cambio de su valor como aditivo estabilizador en relación con el valor obtenido del suelo sin aditivo estabilizador; se esperaba que su valor aumentara a medida que aumentara el porcentaje de aditivo estabilizador.

### 3.7 Aspectos éticos

Para mantener los principios éticos y morales, el investigador garantiza la fiabilidad de los datos y los resultados de la investigación propuesta. Además, en el proyecto se observa la autoría de las referencias consultadas según la norma ISO-690.

Para mantener la ética y la moralidad, se menciona que para este estudio se optó por tomar datos de estudios anteriores e información de libros de texto, libros, revistas, etc. Por ello, se mencionan dos valores principales.

#### A) El respeto:

Este es un valor muy importante en este estudio, ya que el proyecto se lleva a cabo principalmente para respetar la autoría de las referencias consultadas por la ISO-690. La norma prevé que las citas se exhiban respetando los valores éticos y los derechos de autor de los artículos, libros, disertaciones y revistas científicas. También tiene en cuenta las etapas de la investigación, los residentes de la zona, la precisión de los resultados y la validez de los datos.

#### B) La honestidad

Esto se puede ver en los recursos utilizados para llevar a cabo esta investigación, la secuencia y el nombre del autor se mantiene. Del mismo

modo, los investigadores garantizan la exactitud y la validez de los resultados obtenidos en la recogida de datos para dicha investigación. Los resultados no serán manipulados y reflejarán fielmente la investigación realizada.

## IV. RESULTADOS

Según las Directrices del MTC para suelos y pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, la cantidad de movimientos de tierra por kilómetro depende del tipo de carretera, como se indica en la tabla siguiente.

*Tabla 6: Número de calicatas para exploración en campo*

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

Fuente: manual de suelos y pavimentos M.T.C

A partir de los datos del expediente, se determinó que el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de la carretera es inferior a 200 vehículos al día, lo que indica la necesidad de excavar una fosa de prueba por kilómetro; para este estudio se seleccionaron tres fosas de prueba por kilómetro para obtener resultados precisos.

El ensayo de límites de Atterberg se efectuó a las calicatas progresiva 0+250, progresiva 0+500, progresiva 0+750, para hallar el límite líquido y plástico e índice de plasticidad. Se realiza los siguientes procedimientos para cada uno de ellos:

#### **Límite Líquido (LL):**

- Se tiene una muestra representativa para la investigación.
- Se coloca la muestra en la cazuela del dispositivo de límite líquido para hacer presión de un fondo de 10 mm.
- Luego se separa la muestra contenida en la copa con un acanalador.
- Anotar el número de impactos para sellar la abertura.
- Regresar la muestra en la copa para mezclar nuevamente, agregando agua y así intensificar el contenido de humedad y rebajar el número de golpes para sellar la abertura.
- Se realiza pruebas para sellar la ranura de 20 a 30 golpes.
- Se estableció el contenido de humedad.

#### **Límite Plástico (LP):**

- Se usa un espécimen característico de la muestra
- Se tuvo que realizar bastones con estos especímenes, pero no contiene plasticidad

#### **Índice de Plasticidad (IP):**

- Estos especímenes no tienen límite líquido ni límite plástico, no tienen índice plástico. Por consiguiente, se sigue las instrucciones de la especificación y regístrelo sin proporcionar NP.

La siguiente figura muestra los resultados del límite de Atterberg de las calicatas de prueba C-01 y C-02 ejecutados en el laboratorio.

Figura 6: Cuadro de plasticidad progresiva 0+250

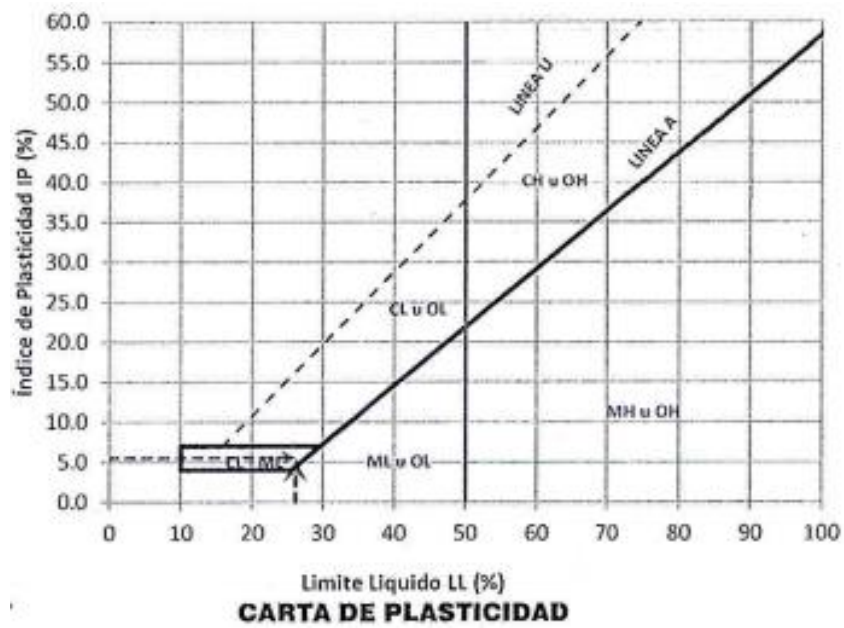


Figura 7: Cuadro de plasticidad progresiva 0+500

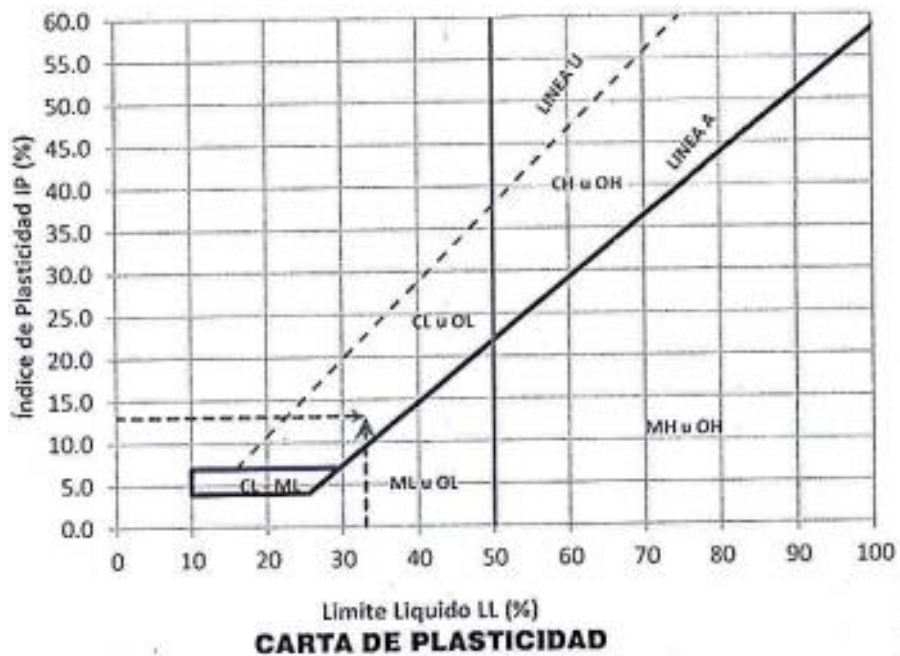
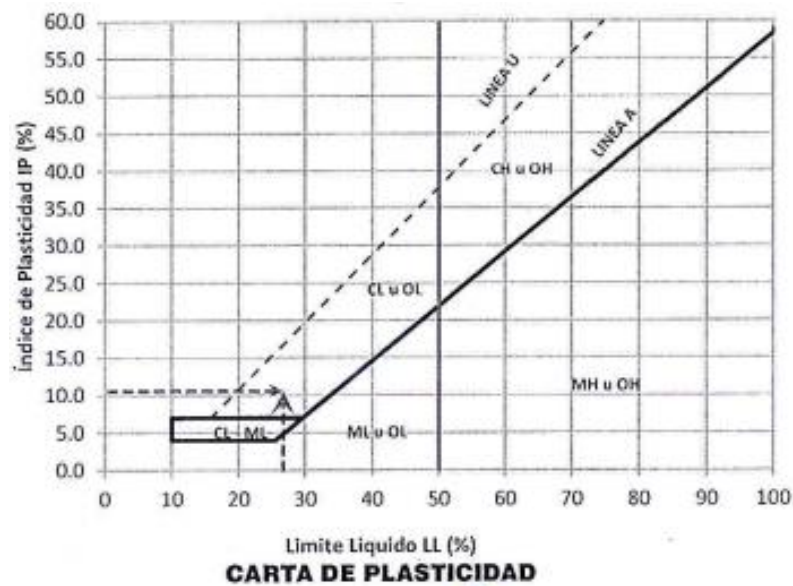




Figura 8: Cuadro de plasticidad progresiva 0+750



Se llevó a cabo la prueba de proctor modificado al terreno natural para conseguir la comparación del contenido del agua y el peso unitario de los suelos secos. De acuerdo a la MTC se proporciona tres alternativas para la compresión del suelo en laboratorio empleando una energía modificada.

#### MÉTODO "A"

- El molde es de 101,6 mm de diámetro (4 pulgadas).
- Se utiliza el material que recorre por el tamiz N°4 (4,75 mm)
- El número de capas es de 5.
- Se realizan 25 golpes por capa.
- Se emplea cuando el 20% o menos del peso de materiales es detenido en el tamiz N°4.

#### MÉTODO "B"

- El molde es de 101,6 mm (4 pulgadas).
- Se utiliza el material recorre por el tamiz de  $\frac{3}{8}$  de pulgadas.
- El número de capas es de 5.

- Se realizan 25 golpes por capa.
- Se emplea cuando es más del 20% del peso del espécimen es detenido en el tamiz N°4 y el 20% o menos del peso del material es detenido en el tamiz  $\frac{3}{8}$  de pulgadas.

### **MÉTODO “C”**

- El molde es de 152,4 mm (6 pulgadas).
- Se usa el material que recorre por el tamiz  $\frac{3}{4}$  pulgadas.
- El número de capas es de 5.
- Se realizan 56 golpes por capa.
- Se emplea el uso cuando es más del 20% del peso del material se detiene en el tamiz  $\frac{3}{8}$  de pulgadas y menos del 30% del peso se detiene en el tamiz  $\frac{3}{4}$  de pulgadas.

Para los especímenes se empleó el método C, porque se verifica que el % detenido recolectado es mayor que el 20% en el tamiz N° 4. Aplicando el método C se comenzó a efectuar el proctor modificado.

Cabe destacar que, para lograr su máxima densidad y humedad óptima, se agregaron a la muestra 5 diferentes porcentajes de agua de: 5.36%, 8.23%, 10.30%, 18.38% y 23.42%. El procedimiento se realizó de acuerdo al método aplicado.

- Utilizar un promedio de 2,3 kg del suelo tamizado para cada muestra a ser comprimido en el momento que se emplee el método C.
- Agregar las cantidades necesarias de agua.
- Luego de curar, si es necesario, cada muestra se comprimirá de la siguiente manera:
- Apuntar la masa del molde y el plato de apoyo.
- Asegurar el molde y collar al plato base.
- Compactar la muestra en 5 capas. Luego de comprimir, deberá tener por cada revestimiento el mismo espesor.
- Aplicar por cada revestimiento 56 golpes.

- Luego de la comprimir del último revestimiento, quitar el collar y plato apoyo.
- Enrasar la muestra compactada.
- Se registra la masa de la muestra y molde.
- Por último, se retira el espécimen del molde para conseguir el contenido de humedad.

Prosiguiendo se observa la posterior tabla con los resultados del proctor modificado señalando su humedad óptima y la densidad máxima del estudio que se obtuvo al agregar agua al espécimen.

Tabla 7: Proctor modificado progresiva 0+250

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS:	GC-GM GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA		
Clasificación AASTHO: A-1-b (0)	A-1-b (0)	Capas:5.00	Golpe: 56
% retenido acumulado malla N° 4:	38.6	Pasa 3/4	Código M7
% retenido acumulado malla N° 3/8	27.7	Molde (pulg) 6	Vol. (cm3): 2101.72
% retenido acumulado malla 3/4 "	14.2	Peso molde (gr): 6257.0	Método C

Fuente: Propio. Diciembre 2020

ENSAYO DE COMPACTACION				
Determinación N°	1	2	3	4
Peso molde mas muestra gr	10.108	10.574	10.88	10,806
Peso de muestra compactada gr	3,851.00	4,317.00	4,623.00	4,549.00
Densidad humedad gr/cc	1.83	2.05	2.2	2.16
Densidad seca gr/cc	1.69	1.86	1.95	1.89

Fuente: Propio. Diciembre 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Tarro N°	1	2	3	4
Peso del molde mas muestra	10.108	10,574	10.88	10,806
Peso de la muestra compactada	3,851.00	4,317.00	4,317.00	4,549.00
Densidad humedad	1.83	2.05	2.2	2.16
Densidad seca	1.69	1.86	1.95	1.89

Fuente: Propio. Diciembre 2020

OCH optimo contenido de humedad (%)	12.90
MDS máxima densidad seca (tn/m3):	1.960

Fuente: Propio. Diciembre 2020

Figura 9: Humedad – Densidad progresiva 0+250

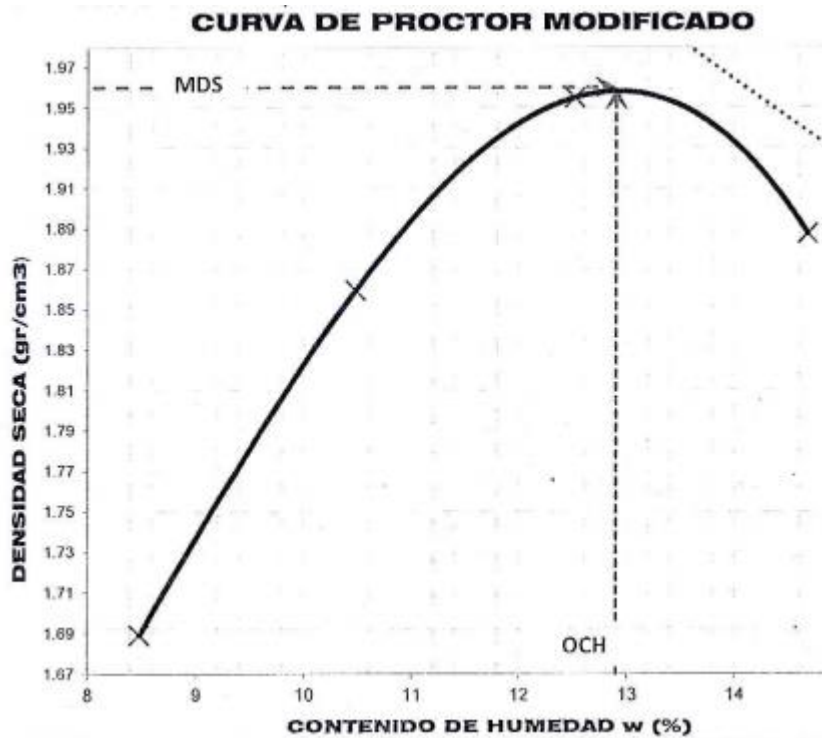


Tabla 8: Proctor modificado progresiva 0+500

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS:	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA		
Clasificación AASTHO: A-1-b (0)	A-2-6 (0)	capas:5.00	golpe: 25
% retenido acumulado malla N° 4:	33.5	pasa 3/8	codigo M4
% retenido acumulado malla N° 3/8	8.1	molde (pulg) 4	vol. (cm3): 939.81
% retenido acumulado malla 3/4 "	0.5	peso molde (gr): 4105.0	metodo B

Fuente: Propio. Diciembre 2020

ENSAYO DE COMPACTACION				
Determinacion N°	1	2	3	4
Peso molde mas muestra gr	6.035	6,130	6.222	6,146
Peso de muestra compactada gr	1,930.00	2,025.00	2,117.00	2,041.00
Densidad humeda gr/cc	2.05	2.15	2.25	2.17
Densidad seca gr/cc	1.95	2.01	2.06	1.96
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Tarro N°	327.0	331.0	341.0	154.0
Peso tarro + suelo húmedo gr	726	729	657.7	10,806
Peso tarro + suelo seco gr	695.30	690.20	614.00	715.90
Peso del tarro gr	134.000	141.600	139.2	658.70
Peso del agua gr	30.40	39.20	43.7	129.20
Peso del suelo seco gr	561.3	548.60	474.8	529.21
Contenido de humedad %	5.42	7.15	9.2	10.81

Fuente: Propio. Diciembre 2020

OCH optimo contenido de humedad (%)
9.10
MDS máxima densidad seca (tn/m3): 2.65

Fuente: Propio. Diciembre 2020

Figura 10: Humedad – Densidad progresiva 0+500

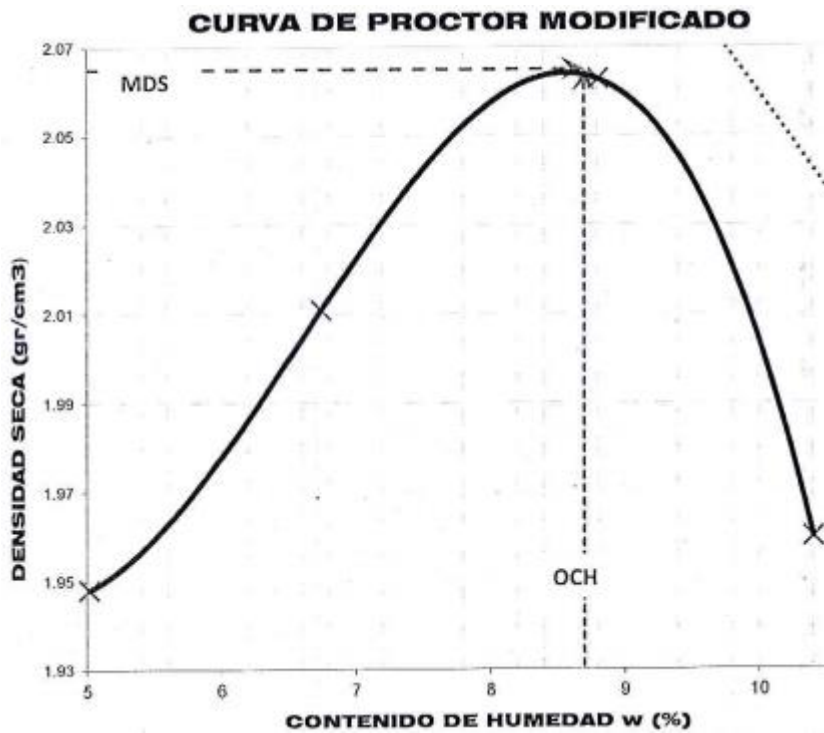


Tabla 9: Proctor modificado progresiva 0+750

DATOS DEL ENSAYO			
clasificación SUCS:	SP-SC ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRAVA		
clasificación AASTHO: A-1-b (0)	A-2-6 (0)	capas:5.00	golpe: 56
% retenido acumulado malla N° 4:	44.5	pasa 3/4	codigo M1
% retenido acumulado malla N° 3/8	28	molde (pulg) 6	vol. (cm3): 2111.48



% retenido acumulado malla 3/4 "	8.3	peso molde (gr): 5947.00	metodo C
--	-----	-----------------------------	----------

Fuente: Propio. Diciembre 2020

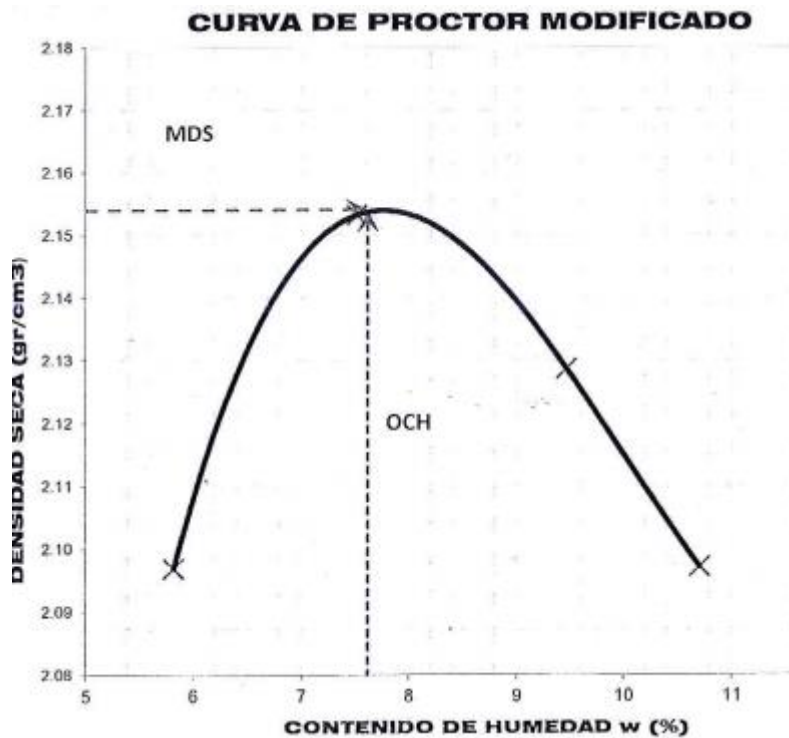
ENSAYO DE COMPACTACION				
determinacion N°	1	2	3	4
peso molde mas muestra gr	10,632	10,835	10.849	10,849
peso de muestra compactada gr	4,685.00	4,888.00	4,920.00	4,902.00
densidad humeda gr/cc	2.22	2.31	2.33	2.32
densidad seca gr/cc	2.1	2.15	2.13	2.10

Fuente: Propio. Diciembre 2020

CONTENIDO DE HUMEDAD				
tarro N°	327.0	331.0	345.0	329.0
peso tarro + suelo humedo gr	833	780	815.7	851
peso tarro + suelo seco gr	794.60	734.30	757.20	781.30
peso del tarro gr	134.000	131.460	139.2	132.12
peso del agua gr	38.40	45.30	58.5	69.12
peso del suelo seco gr	660.2	602.84	618	649.18
contenido de humedad %	5.82	7.51	9.47	10.71

Fuente: Propio. Diciembre 2020

Figura 11: Humedad – Densidad progresiva 0+750



Fuente: Propio. Diciembre 2020

OCH óptimo contenido de humedad (%)
7.62
MDS máxima densidad seca (tn/m <sup>3</sup> ): 2.154

Fuente: Propio. Diciembre 2020

Se realiza el ensayo de CBR, con el fin de alcanzar la capacidad portante del suelo. Por ello, se realizó el siguiente procedimiento:

- El espécimen pasó por el tamiz N°4 y se extrae la parte indispensable para realizar la prueba de CBR.
- Se definió la humedad óptima y la densidad máxima a través de la prueba de compactación.
- La prueba se realiza aplicando 12, 25 y 56 golpes sobre una capa con diferentes contenidos de humedad para obtener una familia de curvas que muestren la comparación entre el peso específico, el contenido de humedad y la capacidad portante.

- Una vez completada la compresión, se retira el collarín y se asegura la muestra con una tira.
- Se retira el molde y se invierte de nuevo sin el disco espaciador. A continuación, se coloca una película filtrante entre el molde y la placa base.
- Se coloca una placa perforada en la superficie de la muestra invertida..
- Se coloca sobre la placa anillos indispensables para terminar una sobrecarga que cree presión. La sobrecarga total no debe ser inferior de 4,54 kg.
- Para calcular el hinchamiento se coloca el trípode de medición con sus patas sobre los bordes del molde. Se registra su interpretación del día y la hora. Seguidamente, se coloca el molde en el tanque con el excedente empleado dejando una entrada libre del agua en la parte inferior y superior del espécimen. Se conserva la probeta en estas circunstancias por 4 días.
- Una vez terminado la fase de inmersión, otra vez cuantificar la hinchazón. A continuación, se retira el molde del tanque y se vacía el agua detenida de la parte superior. Se escurre por 15 minutos y se remueve la sobrecarga y la placa para luego pesar y proceder con el ensayo de penetración.
- Se emplea una excedente para ejercer una magnitud de carga igual que el peso del pavimento no inferior a 4.54 kg. Para impedir la presión hacia arriba dentro del orificio con las pesas del excedente, se tiene que asentar el pistón después de situar el primer excedente sobre el espécimen. Se usa un peso de 5 kg para que el pistón asiente.
- Se usa un peso sobre el pistón de introducción con una rapidez equivalente de 1,27 mm por minuto. Se controla por medio del deformímetro de inserción y un cronómetro.
- Se anotan las interpretaciones de la carga

Tabla 10: Resumen de ensayos de laboratorio

CUADRO DE RESUMEN DE ENSAYOS DE LABORATORIO																		
CALICATA	% QUE PASA EL TAMIZ																	
	3"	2 1/2"	2"	1 1/2"	1"	3/4"	1/2"	3/8"	1/4"	N°4	N°8	N°10	N°16	N°30	N°40	N°50	N°100	N°200
prog 0+250	100	100	100	100	91.340	85.78	79.41	72.32	64.47	61.40	53.11	50.83	46.19	36.05	33.56	30.83	24.91	22.83
prog 0+500	100	100	100	100	100	99.5	98.36	91.88	76.28	66.19	43.54	38.55	30.25	22.95	20.62	18.49	14.30	12.50
prog 0+750	100	100	100	100	97.51	91.70	80.82	72.02	61.66	55.54	39.77	35.34	27.4	19.69	17.57	15.65	12.19	10.72

Fuente: elaboración propia 2020

CALICATA	LIMITES CONS.						CLASIFICACION		HUM NAT.	PROCTOR MODIFICADO		CBR	
	L.L	LP.	I.P	SUCS	AASTHO	M.D.S (gr/cm3)	O.C.H (%)	95% M.D.S 0.1"		100% M.D.S 0.1"			
	prog 0+250	26.10%	20.50%	5.50%	GC-GM	A-1-b (0)	9.58%	1.96	12.9	22.5	42.3		
prog 0+500	33.00%	20.00%	13.10%	SC	A-2-6 (0)	4.05%	2.065	9.10	46.00	62.00			
prog 0+750	26.69%	16.0	10.60%	SP-SC	A-2-6 (0)	3.51%	2.154	7.62	45.00	78.00			

Fuente: elaboración propia 2020

Para obtener la proporción de aceite sulfonado para mejorar la calidad del subsuelo que sea significativa, se considerará una medida estandarizada de 0,3 lt/m<sup>3</sup>: en primer lugar, se analizará el DSC de cada combinación y, en segundo lugar, se realizará un análisis de coste directo de la cantidad de estabilizador sólido más aditivo líquido en diferentes muestras.

Tabla 11: Propuesta de Diseño

PROPUESTA DE DISEÑO				
VARIABLES	unidad	suelo - cemento - aceite sulfonado	suelo - cemento - aceite sulfonado	suelo - cemento - aceite sulfonado
sub rasante	gr	6000	6000	6000
cemento	% del peso	1.0% (60 gr)	1.5% (90gr)	2.0(120gr)
aceite sulfonado	L	0.3	0.3	0.3

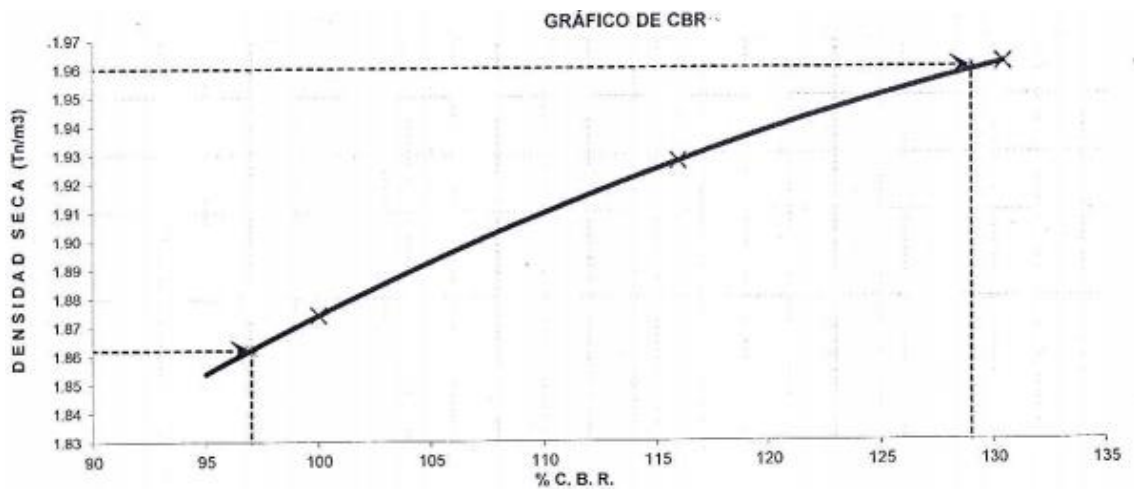
Fuente: elaboración propia 2020

Tabla 12: Porcentaje de CBR al estabilizarse con cemento + aceite sulfonado

PROGRESIVA	ACEITE SULFONADO lt/m3	PORCENTAJE DE PESO MDS CEMENTO TIPO I	CBR 01"	
			95%	100%
0+250	0.3	1.00%	97.0	129.0
	0.3	1.50%	1.50	240
	0.3	2.00%	205.0	280.0

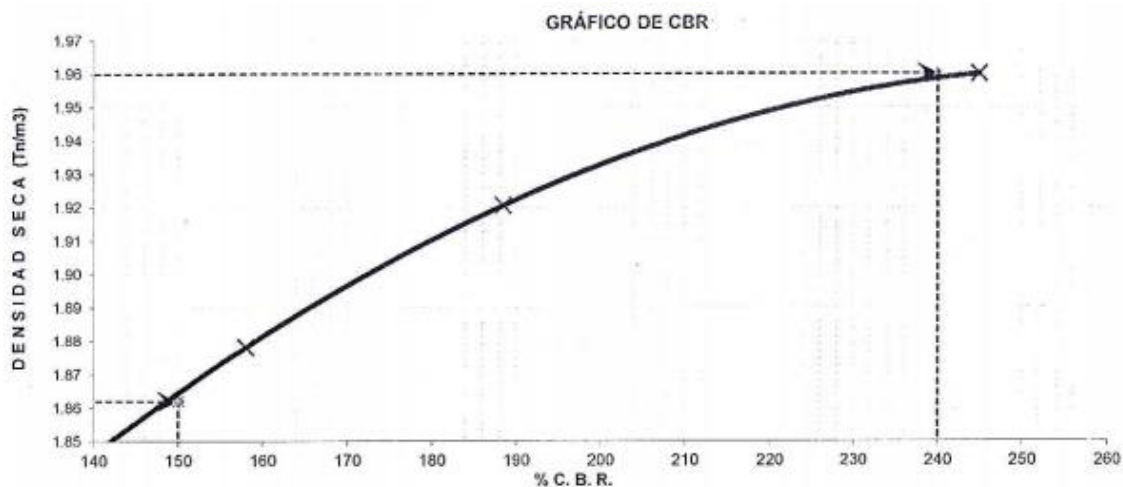
Fuente: elaboración propia 2020

Figura 12: Densidad – CBR progresiva 0+250 con cemento al 1.00% + aceite sulfonado



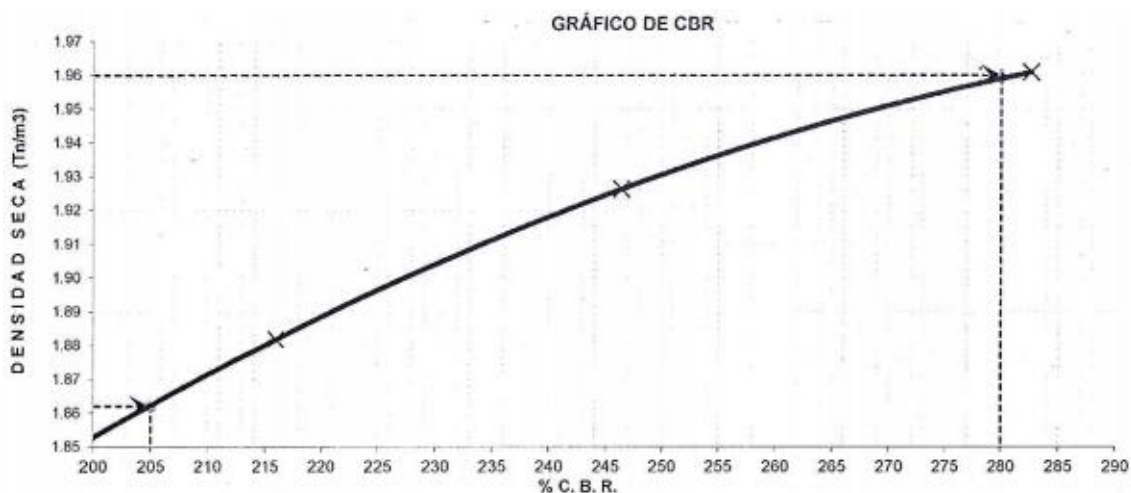
Fuente: elaboración propia 2020

Figura 13: Densidad – CBR progresiva 0+250 con cemento al 1.5% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020

Figura 14: Densidad – CBR progresiva 0+250 con cemento al 2.0% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020

Los gráficos anteriores muestran la variación del porcentaje de CBR en función de la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para el que se tomó el valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, añadido a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso sería el cemento con porcentajes de 1,0%, 1,5%, 2,0% del peso total de la muestra,

observándose que el porcentaje de CBR aumenta con el incremento del porcentaje de cemento, siendo directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual consideraremos el valor de 1,5% de cemento, que nos da el CBR en progresión (0+250) 42,3% de las tablas presentadas.

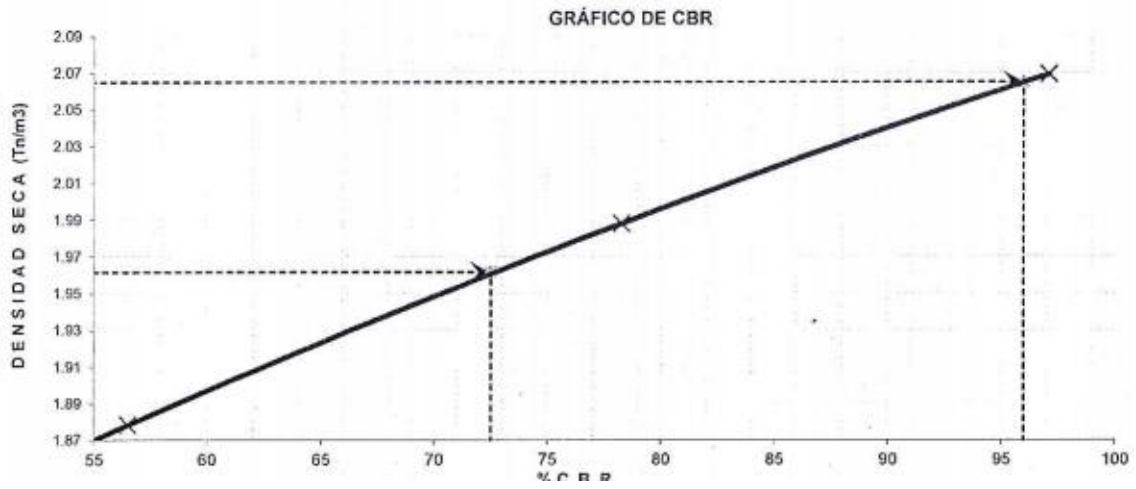
Comparando los porcentajes de suelo natural sin aditivo y suelo mejorado con aditivo líquido y sólido tenemos q el porcentaje de CBR de suelo natural es de: 42.3 % y el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla suelo natural + cemento portland tipo I + aceite sulfonado es: 240 % lo cual demuestra que el uso de aceite sulfonado más un aditivo sólido en este caso mejora significativamente incrementando el porcentaje de CBR. En suelos granulares

*Tabla 13: Porcentaje de CBR al estabilizarse con cemento + aceite sulfonado*

PROGRESIVA	ACEITE SULFONADO lt/m3	PORCENTAJE DE PESO MDS CEMENTO TIPO I	CBR 01"	
			95%	100%
0+500	0.3	1.00%	96.0	72.5
	0.3	1.50%	102.00	121.0
	0.3	2.00%	164.0	224.0

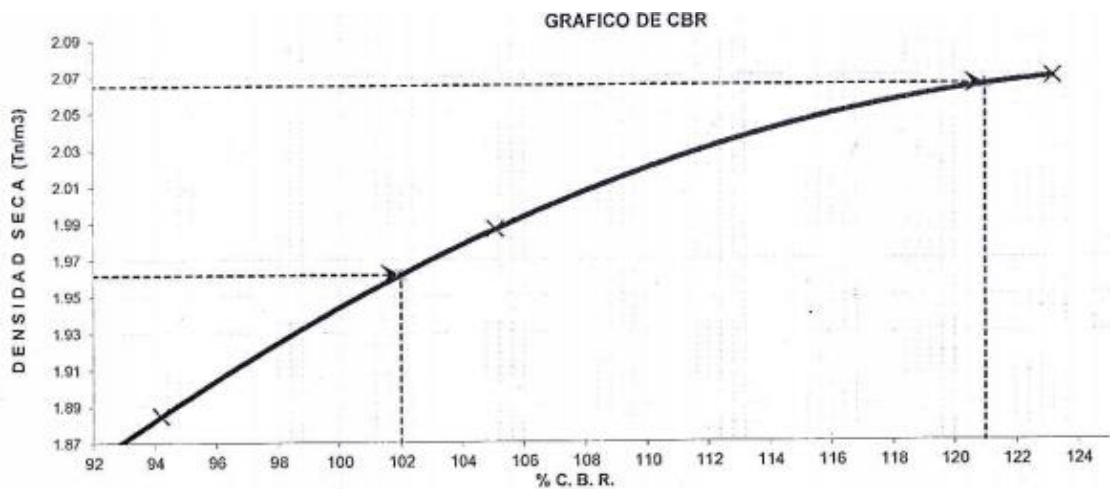
Fuente: elaboración propia 2020

Figura 15: Densidad – CBR progresiva 0+500 con cemento al 1.0% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020

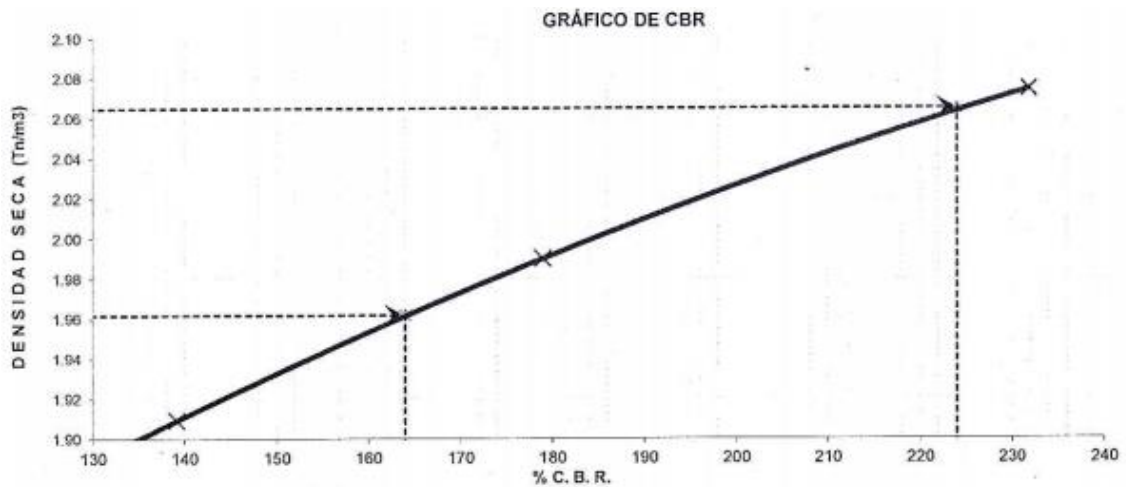
Figura 16: Densidad – CBR progresiva 0+500 con cemento al 1.5% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020



Figura 17: Densidad – CBR progresiva 0+500 con cemento al 2.0% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020

Los gráficos anteriores muestran la variación del porcentaje de CBR en función de la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para el que se tomó un valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, que se añadió a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso sería cemento con porcentajes del 1,0%, 1,5%, 2,0% del peso total de la muestra, observándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que aumenta el porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual tomamos el valor de 1,5% de cemento, dándonos un CBR en la condición progresiva (0+500) del 121% de las gráficas mostradas.

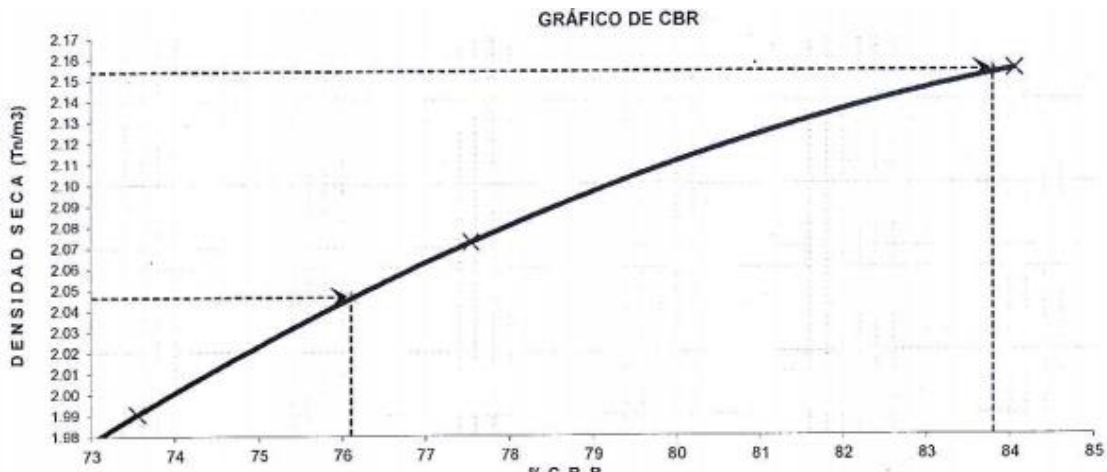
Comparando los porcentajes de los suelos naturales sin aditivos y los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos q porcentaje de CBR de los suelos naturales es: 62,0 %, mientras que el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla de suelos naturales + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado es: 121 %, lo que indica que el uso de aceite sulfonado con aditivo sólido en este caso mejora significativamente el porcentaje de CBR.

Tabla 14: Porcentaje de CBR al estabilizarse con cemento + aceite sulfonado

PROGRESIVA	ACEITE SULFONADO lt/m <sup>3</sup>	PORCENTAJE DE PESO MDS CEMENTO TIPO I	CBR 01"	
			95%	100%
0+750	0.3	1.00%	76.1	83.8
	0.3	1.50%	129.0	146.0
	0.3	2.00%	190.5	256.0

Fuente: elaboración propia 2020

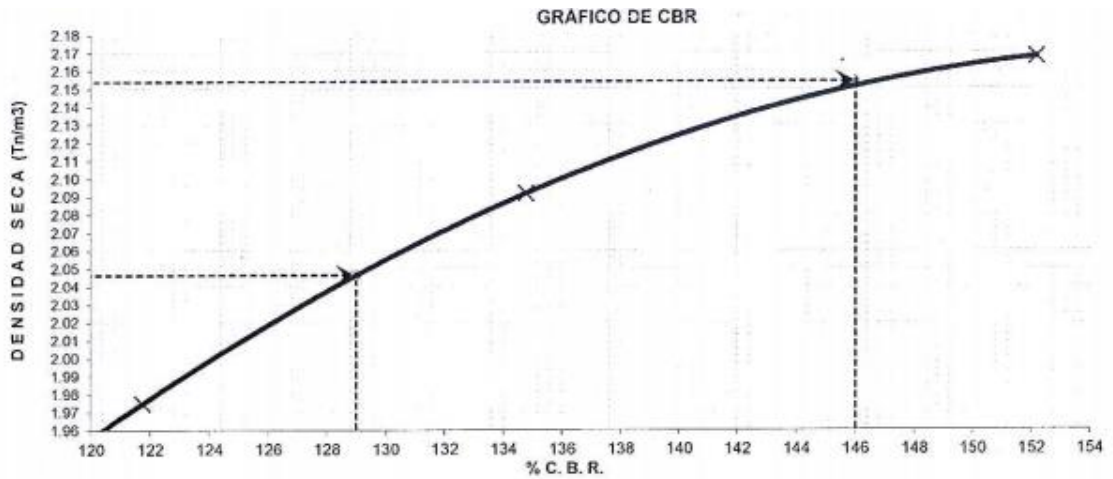
Figura 18: Densidad – CBR progresiva 0+750 con cemento al 1.0% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020

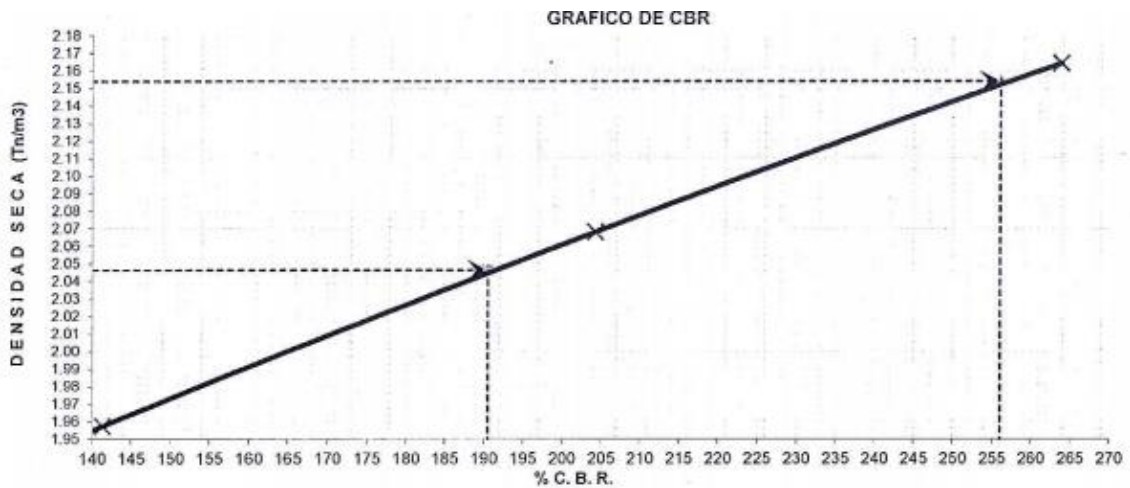
Fuente: elaboración propia 2020

Figura 19: Densidad – CBR progresiva 0+750 con cemento al 1.5% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 2020

Figura 20: Densidad – CBR progresiva 0+750 con cemento al 2.0% + aceite sulfonado



Fuente: elaboración propia 20207

Los gráficos anteriores muestran la variación del porcentaje de CBR en función de la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para lo cual se ha tomado el valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup> añadido a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso

sería cemento con porcentajes del 1,0%, 1,5%, 2,0% del peso total de la muestra, con lo que se observa que el porcentaje de CBR aumenta con el incremento del porcentaje de cemento, siendo directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual tomamos el valor de 1,5% de cemento, que nos da el CBR en progreso (0+750) 146% de las gráficas presentadas.

Comparando el porcentaje de CBR de los suelos naturales sin aditivos y de los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos q porcentaje de CBR de los suelos naturales: 42,3 % y porcentaje de CBR derivado de una mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado: 146 %, lo que indica que el uso de aceite sulfonado junto con el aditivo sólido en este caso mejora significativamente el CBR.

## V. DISCUSIÓN

**Hipótesis general: El aceite sulfonado influye significativamente en la estabilización de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, al mejorar la resistencia de la estabilización frente al agua y cambios de humedad, además de las características mecánicas.**

Sobre la hipótesis general después de las pruebas de laboratorio se concluye que el aceite sulfonado tiene un efecto significativo en la estabilización del sustrato, aumentando la resistencia al agua y al cambio de humedad, además de las propiedades mecánicas, obteniendo la contribución del aceite sulfonado en la mejora de la calidad del sustrato, que es significativa, se considerará una medida normalizada de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, analizándose el DSC de cada combinación, y en segundo lugar, analizándolo los costes directos de la cantidad de estabilizador sólido y aditivo líquido en diferentes muestras. Asimismo, a partir de los datos analizados, se determinó que el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de la carretera es inferior a 200 vehículos al día, lo que indica la necesidad de excavar una fosa de prueba por kilómetro; para este estudio se seleccionaron tres fosas de prueba por kilómetro para obtener resultados precisos. El ensayo de límites de Atterberg se efectuó a las calicatas progresiva 0+250, progresiva 0+500, progresiva 0+750, para hallar el límite líquido y plástico e índice de plasticidad. Para los especímenes se empleó el método C, porque se verifica que el % detenido recolectado es mayor que el 20% en el tamiz N° 4. Aplicando el método C se comenzó a efectuar el proctor modificado. Cabe destacar que, para lograr su máxima densidad y humedad óptima, se agregaron a la muestra 5 diferentes porcentajes de agua de: 5,36%, 8,23%, 10,30%, 18,38% y 23,42%. Validando así la hipótesis que el aceite sulfonado mejora la estabilización de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, fortaleciendo la resistencia de la estabilización frente al agua y cambios de humedad, además de las características mecánicas. Por lo tanto se acepta la hipótesis general que establece en qué medida el aceite sulfonado influye en la estabilización de la susbrasante en la avenida La Cultura, distrito de Pacuhca, provincia de Andahuaylas – 2020, que tiene coherencia con el objetivo general.

Concordamos con **(Ayala, 2017)**, cuando concluye que los suelos expansivos están formados por muchos minerales arcillosos con altas propiedades de absorción y retención de agua, lo que lleva a un aumento del volumen mineral, que disminuye rápidamente después del secado (contracción), observando a su vez que este fenómeno puede ser perjudicial para las estructuras, ya que el aumento de volumen no es constante, provocando diferentes presiones relativas, debido al asentamiento y a la formación de depósitos importantes durante la contracción. Además, se realizaron estudios de estabilización química con polímeros y de clasificación y caracterización de suelos mezclados con estos componentes tras la caracterización del material expansivo.

Esto está en consonancia con nuestros resultados encontrados **(Atarama, 2015)**, que mostraron que, en relación con los datos, se observa que los valores obtenidos en la evaluación de los suelos estabilizados, después de la estabilización con aditivos, están siempre cerca del valor medio, garantizando una baja varianza. Esto es muy útil en el caso de las carreteras, ya que la idoneidad de una carretera será muy similar en todo el tramo. Considerando que se cumplen todos los parámetros mínimos establecidos en el diseño y se garantiza un nivel adecuado de trabajabilidad, se puede concluir que el aditivo PROES mejora las propiedades físicas y mecánicas del pavimento.

**Hipótesis específica 1: El aceite sulfonado, influye significativamente en la resistencia de la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.**

De conformidad a la primera hipótesis específica, en nuestro estudio hallamos que la variación del porcentaje de CBR con la cantidad de aditivo (aceite sulfonado) se tomó como 0,3 lt/m<sup>3</sup> a los que se añadieron muestras de suelo natural + aditivo sólido (cemento) al 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, observándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que aumenta el porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland Tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual asumimos un valor de 1,5% de cemento, dándonos un

CBR en la condición progresiva (0+250) de 42,3% a partir de los gráficos mostrados. Comparando los porcentajes de los suelos naturales sin aditivos y los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos que el porcentaje CBR de los suelos naturales es: 42,3%, mientras que el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado es: 240 %, lo que indica que el uso de aceite sulfonado con aditivo sólido en este caso mejora significativamente, aumentando el porcentaje de CBR. Validando así la hipótesis que el aceite sulfonado mejora la resistencia de la estabilización de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha. Por lo tanto se acepta la hipótesis específica 1 que establece en qué medida el aceite sulfonado influye en la resistencia a la estabilización de la susbrasante en la avenida La Cultura, distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas – 2020, que tiene coherencia con el primer objetivo específico de identificar la influencia del aceite sulfonado en la resistencia de la estabilización de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha.

De manera coincidente a nuestros hallazgos, De igual forma, se coincide con lo encontrado por **(Sánchez, 2014)** quien señala que mediante el análisis granulométrico hidrométrico se encontró que el porcentaje de arcilla (tamaño < 2) a 1 m de profundidad es del 43% y a 2 m de profundidad es del 57%, por lo que por encima de los 2 m existe un porcentaje de expansión, Esto también indica que, que el material estabilizado al 7% tiene un 8,5% de disminución del límite elástico, un 10% de aumento del límite elástico y un 11,5% de disminución del índice de ductilidad, y es este porcentaje el que muestra la mayor disminución del índice de ductilidad y ningún cambio significativo en el índice de ductilidad. El uso de un 9% de cemento conduce al valor más bajo del índice de plasticidad, que muestra una disminución del 36% con respecto a la condición natural. De forma similar a nuestros datos **(Castillo, 2018)**, se encontró que tras la adición de 0,27 L/m<sup>3</sup> de aditivo líquido PROES y 45 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland, el CBR de las tres muestras evaluadas aumentó de 6,90% a 109,80%, de 7,57% a 116,40% y finalmente de 7,54% a 114,28%, aumentando más de quince veces el CBR de la capa de suelo natural. Se comparó el coste de construcción por kilómetro de pavimento con y sin aditivo PROES de cemento Portland. También se muestra que el tiempo de

construcción del pavimento con aditivo se redujo en un 30,77% en comparación con el pavimento sin aditivo. Del mismo modo, hay una coincidencia similar de nuestros resultados con **(Atarama, 2015)** que afirma que la mejora en el rendimiento de la CBR se confirmó por el aumento de los resultados de las pruebas hasta un 300% para el material con aditivo en comparación con el material sin aditivo. Los resultados del CBR están en línea con los valores de diseño esperados de la sub-base estabilizada, ya que el cálculo dio como resultado un número estructural de 0,87, o 116%. La rugosidad de la capa de rodadura en la zona de estudio es similar a la de cualquier carretera, aunque sea de rehabilitación. Esto demuestra que se puede construir una carretera de alta calidad para este tipo de carretera de baja demanda sin que los costes de construcción sean elevados utilizando PROES.

En contraste con nuestros resultados **(Páez y Díaz, 2019)**, los resultados mostraron que cuando el estabilizador se añadió en el día 0 de curado, el módulo de rigidez aumentó un 60% en comparación con la muestra sin la adición, y las curvas de normalización  $G/G_0$  muestran una degradación más rápida del módulo de rigidez para las muestras no estabilizadas. En las probetas curadas se observó un aumento de la rigidez a los 30 días y una disminución a los 60 y 90 días, mientras que la degradación del módulo y el aumento de la deformación fueron menores al aumentar el tiempo de curado. De igual forma, los hallazgos de (Laica y Paredes, 2016), no coinciden con los nuestros, al afirmar que con la subestructura (clase 3) sin caucho y con caucho añadido, pero con cada porcentaje de caucho añadido, se tomarán tres muestras para obtener datos más precisos, obteniendo un total de 70 muestras. Clase granulométrica 3 según la especificación AASHTO T-87-70; ASTM D 421-58, el valor obtenido está dentro de los parámetros especificados. El límite líquido y el índice de plasticidad están dentro de los límites especificados, ya que son inferiores a 25 y 6 respectivamente. Por su parte, **(Angulo & Rojas, 2016)**, a diferencia de nuestros datos, encontraron que para las muestras de suelo obtenidas por la mezcla de 85% de A-2-4(0) y 15% de A7-5(9), se obtuvo un CBR de hasta 102%, mientras que para las muestras de suelo A-4(1) un CBR de 14,4% natural, 25,5% con 2% de cemento y 36,1% con 2% de cemento + adición de 0,3 lt/m<sup>3</sup>. La cantidad óptima de aditivo PROES para los suelos de carretera indicados fue de



0,30 lt/m<sup>3</sup> con una dosificación de cemento del 2%, obteniéndose una CB que oscilaba entre el 43,2% y el 102%. Finalmente, **(Palomino, 2016)**, discrepa de nuestros resultados, señalando que la capacidad portante (CBR) de los suelos arcillosos estabilizados con 2%, 4% y 6% de Maxxseal 100, para CBR a 0,1" con una muestra de CBR estándar de 5. 10%, 2% Maxxseal 100 a CBR 7%, 4% Maxxseal 100 a CBR 9,60%, 6% Maxxseal 100 a CBR 11%; para CBR a 0,2", con muestra de referencia CBR 5,40%, 2% Maxxseal 100 a CBR 7,30%, 4% Maxxseal 100 a CBR 10,10%, 6% Maxxseal 100 a CBR 11%. 2", con muestra de referencia CBR 5,40%, con 2% Maxxseal 100 un CBR 7,30%, con 4% Maxxseal 100 un CBR 10,10%, con 6% Maxxseal 100 un CBR 11%; para CBR 0,2", con muestra de referencia CBR 5.

**Hipótesis específica 2: El aceite sulfonado, influye significativamente en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.**

De conformidad a la segunda hipótesis específica, nuestros resultados muestran que los cambios en el porcentaje de CBD en relación con la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para el que tomamos un valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup> que se añadió a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso sería el cemento con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, observaron que el porcentaje de CBD aumenta con el incremento del porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual tomamos el valor de 1,5% de cemento, que nos da CBR en progreso (0+500) 121% de los gráficos presentados. Comparando el porcentaje CBR de los suelos naturales sin aditivos y de los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos q porcentaje CBR de los suelos naturales: 62,0% y porcentaje CBR obtenido de una mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado: 121%, lo que indica que el uso de aceite sulfonado más aditivo sólido en este caso mejora significativamente el CBR. Validando así la hipótesis que el aceite sulfonado mejora la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha. Por lo tanto se acepta la

hipótesis específica 2 que establece en qué medida el aceite sulfonado influye en la resistencia a la estabilización de la susbrasente en la avenida La Cultura, distrito de Pacuhca, provincia de Andahuaylas – 2020, que tiene coherencia con el segundo objetivo específico, de identificar la influencia del aceite sulfonado en la estabilización frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha.

De manera coincidente a nuestros hallazgos, **(Páez & Díaz, 2019)** confirmando a nivel microestructural mediante observaciones de microscopía electrónica de barrido (SEM), que mostraron una matriz de arcilla cohesiva en capas con pequeños vacíos intermoleculares sin agregados en el día 0 y una estructura heterogénea con costras, grietas y poros abiertos en el día 90. Los resultados se ajustaron a dos modelos hiperbólicos basados en la relación amortiguación (D)-resonancia (G) y deformación ( $\gamma_r$ ) para  $G/G_0 = 0,5$ . Los resultados indican una influencia favorable del aceite sulfonado en el comportamiento dinámico del material. Por otro lado, **(Palomino, 2016)** tiene resultados similares a los nuestros y señalan que se determinaron parámetros de compactación del suelo como la sequedad y el contenido de humedad óptimo, el primero desde 1,75 g/cm<sup>3</sup> (muestra estándar) hasta 1,705 g/cm<sup>3</sup> (6% Maxxseal 100) con un Se trata de un ligero descenso. La segunda se caracteriza por una ligera disminución de 1,75 g/cm<sup>3</sup> (muestra estándar) a 1,705 g/cm<sup>3</sup> (6% Maxxseal 100), la misma tendencia muestra el contenido de humedad óptimo, para la muestra estándar se obtiene un 18,12%, después de dosificar 6% Maxxseal 100 el contenido de humedad disminuye al 15,04%.

De manera contraria a nuestros hallazgos, **(Nieto, 2019)**, Se comprobó que se evaluaron dos aditivos químicos no tradicionales para mejorar el rendimiento del ensilado: una ceniza (aditivo B), que era un residuo del proceso de fabricación de la empresa cliente de este proyecto, y un aditivo químico líquido (aditivo P) suministrado por la empresa responsable de la estabilización del pavimento; el origen y la composición de los aditivos B y P se revelaron para mantener la confidencialidad de la empresa. Además de los aditivos no tradicionales, se utilizó cal viva y cemento Portland. También **(Sánchez, 2014)**, en contraste con nuestros

resultados, encontró que el límite líquido aumenta en un 8% y el límite elástico en un 61%. La densidad seca máxima alcanzada por el suelo disminuye al aumentar el porcentaje de estabilizador y el contenido de humedad óptima de compactación, lo que significa que la densidad seca máxima que puede ofrecer el suelo se alcanza con menos energía de compactación. Esto se debe a la presencia de un material muy fino que necesita más agua para hidratarse. Esto reduce no sólo la fuerza de expansión sino también la tasa de compactación. La presión de hinchamiento de las probetas no curadas es menor que la de las tratadas porque el material no curado tuvo que ser ensayado hasta un grado de saturación mayor que el requerido por la norma ASTM D4829, Standard Test Method for Soil Swelling Ratio, que especifica un ratio de hinchamiento del 50% porque el agrietamiento durante el secado impide esculpir y dar forma a las probetas.

**Hipótesis específica 3: El aceite sulfonado, influye significativamente en la mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.**

De conformidad a la tercera hipótesis específica, encontramos que los cambios en el porcentaje de CBR en relación a la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para lo cual tomamos un valor de 0, 3 lt/m<sup>3</sup> que se añadieron a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso sería el cemento en un porcentaje de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, observando que el porcentaje de CBR aumenta con el incremento del porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual tomamos el valor de 1,5% de cemento, que nos da el CBR en progreso (0+750) 146% de las tablas presentadas. Comparando el porcentaje CBR de los suelos naturales sin aditivos y de los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos q porcentaje CBR de los suelos naturales: 42,3% y porcentaje CBR obtenido de una mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado: 146%, lo que indica que el uso de aceite sulfonado más aditivo sólido en este caso mejora significativamente el CBR. Validando así la hipótesis que el aceite sulfonado mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante

de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha. Por lo tanto se acepta la hipótesis específica 3 que establece en qué medida el aceite sulfonado influye en la mejora de las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura, distrito de Pacuhca, provincia de Andahuaylas – 2020, que tiene coherencia con el tercer objetivo específico de identificar la influencia del aceite sulfonado en la mejora de las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha.

De manera coincidente a nuestros hallazgos, **(Laica y Paredes, 2016)**, comprobaron que al analizar los resultados de la muestra de sustrato sin adición de caucho y al compararlos con las muestras con adición de caucho en diferentes porcentajes, hay una disminución de la resistencia del material. A partir de los resultados de los ensayos de compactación, se puede concluir que la adición de caucho al sustrato de la clase 3 es desfavorable, ya que la densidad seca y el contenido de humedad óptima disminuyen con el aumento de la adición de caucho. Se observó que a medida que aumenta el porcentaje de caucho en el material de prueba, el CBR disminuye significativamente. En tanto, los resultados **(Palomino, 2016)**, concuerdan con nuestros resultados afirmando que el suelo analizado es una arcilla de baja a media plasticidad (CL) según la clasificación del SUCS y pertenece al grupo A-7-6 (5) según el sistema de clasificación de la AASHTO, que corresponde a suelos arcillosos<sup>4</sup>. Se encontró que el cambio en el índice de plasticidad disminuye con el aumento del porcentaje del estabilizador Maxxseal 100 en el índice de plasticidad: para los suelos naturales PI 19%, con 2% de Maxxseal 100 añadido a PI 16%, con 4% de Maxxseal 100 añadido a PI 13%, con 6% de Maxxseal 100 añadido a PI 10%.<sup>5</sup> De manera similar, **(Atarama, 2015)**, encontró resultados similares a los nuestros, afirmando que el rendimiento estructural alcanzado en algunos segmentos de la sección es 200% superior al esperado. Esto no es perjudicial para la carretera porque lo único que cambiará es el tiempo de fallo estructural, que en cualquier caso será de al menos 5 años (periodo de diseño). Las diferencias en los resultados de los números estructurales se deben a que son muy diferentes entre sí. Las diferencias en los resultados de los números estructurales se deben a las diferencias geográficas y climáticas presentes en este tramo, derivadas del hecho de que atraviesa la cordillera de los Andes. Así, las

secciones elevadas tienen un número estructural más bajo porque la humedad es mayor y la temperatura es menor, lo que impide la reacción adecuada de los aditivos sólidos y líquidos. Sin embargo, hay que señalar que en ningún caso disminuyó el valor esperado.

De manera contraria a nuestros hallazgos, **(Sánchez, 2014)**, hallaron que el uso de cal viva como estabilizador reduce el porcentaje de hinchamiento del suelo en un 3%, el de cal en un 5% en un 40% y el de estabilizador en un 7% en un 57%. Con el uso de la cal, el potencial de hinchamiento disminuye de alto a medio con la adición del estabilizador 3 y 5%, y se consigue un bajo potencial de hinchamiento con la adición de cal 7%. El uso del 3% de cemento reduce el porcentaje de hinchamiento en un 57%, el uso del 5% de cemento lo reduce en un 74% y el uso del 7% de cemento lo reduce en un 87%. El uso del 3% de cemento reduce el potencial de hinchamiento de alto a medio, el uso del 5% de cemento lo reduce de alto a bajo, y el uso del 7% de cemento reduce el potencial de expansión de alto a muy bajo. Por otro lado, **(Taípe y Pillaca, 2014)** encontraron que su cambio es de 107% en comparación con el IRI original del sector estándar sin aditivo (Ripatrón=4,50), c) dos sectores tratados con SI KA 21 y el producto T -PR0-500 presentaron baches después de 80 días de aplicación, d) el uso de aditivo fue económica y técnicamente conveniente para mejorar la superficie de la carretera no pavimentada en las mismas condiciones.

## VI. CONCLUSIONES

En esta sección presentamos los resultados de nuestro trabajo de investigación, cuyo objetivo general fue establecer en qué medida el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la sub rasante en la avenida “La Cultura” del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas en el año 2020, en el orden en el que fueron presentados los objetivos específicos.

**Objetivo GENERAL: Establecer en qué medida el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas -2020.**

La contribución del aceite sulfonado en la mejora de la calidad del sustrato es significativa, puesto que se considera una medida normalizada de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, analizándose el DSC de cada combinación, y en segundo lugar, analizándolo los costes directos de la cantidad de estabilizador sólido y aditivo líquido en diferentes muestras. A partir de los datos analizados, se determinó que el IMDA (Índice Medio Diario Anual) de la carretera es inferior a 200 vehículos al día, lo que indica la necesidad de excavar una fosa de prueba por kilómetro; para este estudio se seleccionaron tres fosas de prueba por kilómetro para obtener resultados precisos. El ensayo de límites de Atterberg se efectuó a las calicatas progresiva 0+250, progresiva 0+500, progresiva 0+750, para hallar el límite líquido y plástico e índice de plasticidad. Para los especímenes se empleó el método C, porque se verifica que el % detenido recolectado es mayor que el 20% en el tamiz N° 4. Aplicando el método C se comenzó a efectuar el proctor modificado. Cabe destacar que, para lograr su máxima densidad y humedad óptima, se agregaron a la muestra 5 diferentes porcentajes de agua de: 5,36%, 8,23%, 10,30%, 18,38% y 23,42%.

**Objetivo específico 1: Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la resistencia de la estabilización de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.**

Se muestra la variación del porcentaje de CBR en función de la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para el que se asumió un valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, que se añadió a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso sería cemento con porcentajes de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, observándose que el porcentaje de CBR aumenta a medida que aumenta el porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual tomamos el valor de 1,5% de cemento, dándonos un CBR en el estado de progresión (0+250) de 42,3% a partir de los gráficos mostrados.

Comparando los porcentajes de los suelos naturales sin aditivos y los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos que el porcentaje CBR de los suelos naturales es: 42,3%, mientras que el porcentaje de CBR obtenido de la mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado es: 240 %, lo que indica que el uso de aceite sulfonado con aditivo sólido en este caso mejora significativamente, aumentando el porcentaje de CBR.

**Objetivo específico 2: Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.**

Se encuentra que los cambios en el porcentaje de CBR en relación con la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para el que se toma el valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, se añade a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso será el cemento con el porcentaje de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, se observa que el porcentaje de CBR aumenta con el aumento del porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%,

para lo cual consideraremos el valor de 1,5% de cemento, que nos da CBR en progresión (0+500) 121% a partir de los gráficos presentados.

Comparando el porcentaje de CBR de los suelos naturales sin aditivos y de los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos q porcentaje de CBR de los suelos naturales: 62,0% y porcentaje de CBR obtenido de una mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado: 121%, lo que indica que el uso de aceite sulfonado más aditivo sólido en este caso mejora significativamente el CBR.

**Objetivo específico 3: Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.**

Se comprobó la variación del porcentaje de CBR en función de la cantidad de aditivo (aceite sulfonado), para el que se asumió un valor de 0,3 lt/m<sup>3</sup>, añadido a las muestras de suelo natural + aditivo sólido, que en este caso sería cemento con un porcentaje de 1,0%, 1,5% y 2,0% del peso total de la muestra, y se observó que el porcentaje de CBR aumenta a medida que aumenta el porcentaje de cemento, que es directamente proporcional. Determinamos la cantidad de cemento Portland tipo I óptima para nuestras muestras de suelo, en este caso obtuvimos 1,5% y 2,00%, para lo cual tomamos el valor de 1,5% de cemento, que nos da un CBR en condición progresiva (0+750) del 146% de las gráficas mostradas.

Comparando los porcentajes de los suelos naturales sin aditivos y los suelos mejorados con aditivos líquidos y sólidos, tenemos q porcentaje de CBR de los suelos naturales es: 42,3%, y el porcentaje CBR obtenido de la mezcla de suelo natural + cemento Portland tipo I + aceite sulfonado es: 146%, lo que demuestra que el uso de aceite sulfonado con aditivo sólido en este caso mejora significativamente, aumentando el porcentaje de CBR.



## VII. RECOMENDACIONES

- La mayor parte de la construcción de este tipo de vías, requiere un uso significativo de agregados y estos deben ser de alta calidad para garantizar un rendimiento adecuado de la carretera, puesto que la mayoría de los casos esta es la solución más económica en los escenarios en los que los recursos de áridos están lejos del lugar de construcción de la carretera.
- Ante la presencia de suelos limosos y arcillosos, que suelen tener una baja capacidad de carga, por lo que las carreteras que se construyen sobre ellos requieren capas más gruesas de áridos para soportar el tráfico y el clima lluvioso de la zona, se sugiere evaluarse y utilizarse alternativas menos costosas, como la estabilización química del suelo.
- Los resultados obtenidos en todos estos estudios deben referirse únicamente a suelos de grano fino con alta plasticidad, recomendando que se realicen estudios en suelos de grano grueso.
- Se recomienda realizar un estudio más profundo de la estabilización electroquímica, entre el aceite sulfonado y el cemento, para determinar qué factores influyeron en el logro de la ausencia de crecimiento de CB en comparación con la estabilización con cal.
- Se recomienda que los futuros contratistas revisen los resultados de esta investigación y consideren la posibilidad de estabilizar el sustrato con aceite sulfonado con cal y evalúen el coste en comparación con la resistencia conseguida.
- Se recomienda que la estabilización con aceite sulfonado y cal sea evaluada en otros tipos de suelo con diferentes características discutidas en este estudio.

## Referencias

- AASHTO. (1993). La subrasante. Estados Unidos: La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes.
- Aduanas México. (2007). Derivados sulfonados, nitrados o nitrosados de los hidrocarburos, incluso halogenados. México: Diario Oficial de la Federación.
- Agapitus, A. (2013). Potential Application of Lateritic Soil Stabilized with Cement Kiln Dust (CKD) as Liner in Waste Containment Structures. Springer Science+Business Media Dordrech.
- Ahmad, F., Atemimi, Y. K., & Ismail, M. A. (2013). Evaluation the Effects of Styrene Butadiene Rubber Addition as a New Soil Stabilizer on Geotechnical Properties. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 18: 735-748.
- Angelone, S., Garibay, M. T., & Cauhapé, C. M. (2006). Permeabilidad de suelos. Argentina: Universidad Nacional del Rosario.
- Angulo, R. D., & Rojas, E. H. (2016). Ensayo de fiabilidad con aditivo PROES para la estabilización del suelo en el AA. HH El Milagro, 2016. Lima, Perú: Tesis universitaria: Universidad Científica del Perú.
- Araujo, N. W. (2014). *PIRHUA. Repositorio Institucional de la Universidad de Piura*. Obtenido de [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI\\_208.pdf?sequence=1](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1)
- Atarama, M. E. (2015). Evaluación de la Transitabilidad para Caminos de Bajo Tránsito Estabilizados con Aditivo Proes. Piura, Perú: Tesis universitaria: Universidad de Piura.
- Ayala, A. (2017). Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros. Guayaquil, Ecuador: Tesis universitaria: Universidad de Especialidades Espíritu Santo.
- Camacho, T. J., Reyes, O. Ó., & Mayorga, A. (2008). Curado natural y acelerado de una arcilla estabilizada con aceite sulfonado. Colombia: Revista Ingeniería y Desarrollo.

- Castillo, B. P. (2018). Influencia de la Aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca-Huaso, La Libertad, 2018. La Libertad, Perú: Tesis universitaria: Universidad Privada del Norte.
- CEMEX. (19 de junio de 2019). Hablando de Cementos Portland. Lima, Colombia. Obtenido de <https://www.cemex.com.pe/contacto/contactanos>
- Chávez, A. D., & Odar, Y. G. (2019). Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en. Lima: Tesis universitaria: Universidad Privada de Ciencias Aplicadas.
- Clark, L. P. (2005). Mixed methods research designs counseling psychology. *Journal of Counseling Psychology* 52 (2), 224,2005.
- Concreto informática. (2012). *Blog Spot*. Obtenido de <http://concretoinformatica.blogspot.com/2012/11/estabilidad-volumetrica.html>
- Descombe, M. (2007). *The good Research Guide for Small-Scale Social Research Projects*. Open University Press - Third Publisher.
- Duarte, A. M. (2013). *Mejoramiento de suelos con adiciones químicas*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/magaduah/mejoramiento-de-suelos-con-adiciones-quimicas>
- Eisazadeh, A. (2010). *Physicochemical Behavior of Lime and Phosphoric Acid Stabilized Clayey Soil*. Doctoral Dissertation. Malaysia: Universiti Teknologi Malaysia - Faculty of Civil Engineering).
- Eisazadeh, A., Kassim, K. A., & Nur, H. (2011). Characterization of Phosphoric Acid-and Lime-stabilized Tropical Lateritic Clay. *Environmental Earth Sciences*. 63(5): 1057-1066.
- Flores, C. C. (2015). *Universidad de Piura*. Obtenido de <http://udep.edu.pe/hoy/2015/metodo-alternativo-cbr/>
- Garnica, A. P., & Correa, A. (2004). *Conceptos mecanicistas en pavimentos*. México: Instituto Mexicano del Transporte.
- Gidigas, M. D. (1972). Mode of Formation and Geotechnical Characteristics of Laterite Materials of Ghana in Relation to Soil Forming Factors. *Engineering Geology*. 6(2): 79-150.

- Gómez, C. C. (2019). Curso de introducción a la ciencia de materiales y nanomateriales. España: Universidad de Valencia.
- González, V. Á. (2017). Ingeniería Vial, Diseño Estructural de Pavimentos, Diseño Geométrico de Caminos, Gestión de caminos forestales y mineros, Desarrollo de productos/servicios. Santiago, Chile: Universidad del Desarrollo.
- Hafez, M. A., Sidek, N., & Noor, M. J. (2008). Effect of Pozzolanic Process on the Strength of Stabilized Lime Clay. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 13:1-19. .
- Hernández, Fernández y Baptista. (2014). Metodología de la Investigación. Ciudad de México, México: Mc Graw Hill - Sexta edición.
- INV. (2007). Límite plástico e índice de plasticidad de suelos. Colombia: Instituto Nacional de Vías.
- Kerlinger, F. N., & Lee, H. B. (2002). Foundations of behavioral research. Sidalc.net.
- Laica, M. J., & Paredes, S. V. (2016). Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una sub base. Tungurahua, Ecuador: Tesis universitaria: Universidad Técnica de Ambato.
- Liu, J., Jiang, H., Huang, H., Wang, H., & Kamai, T. (2011). Research on the Stabilization Treatment of Clay Slope Topsoil by Organic Polymer Soil Stabilizer. *Engineering Geology*. 117(1): 114-120.
- Manso, J. M., Ortega-López, V., Polanco, J. A., & Setién, J. (2013). The Use of Ladle Furnace Slag in Soil Stabilization. *Construction and Building Materials*. 40: 126-134.
- Nieto, V. J. (2019). Evaluación del uso de aditivos químicos no tradicionales como estabilizadores de suelos limosos para caminos productivos de bajo volumen de tránsito. Valparaíso, Chile: Tesis univesitaria: Universidad Técnica Federico Santa María.
- Obuzor, G. N., Kinuthia, J. M., & Robinson, R. B. (2012). Soil Stabilization with Lime-Activated-GGBS—a Mitigation to Flooding Effects on Road Structural Layers/Embankments Constructed on Floodplains. *Engineering Geology*. 151: 112-119.

- Ortiz, I. (2009). *Cleversoft*. Obtenido de <http://cleversoft.euteco.com.mx/respaldos/archive/UTEC/83ac/archive/2be5.pdf>
- Páez, R. J., & Díaz, C. L. (2019). Influencia de la adición de aceite sulfonado en la respuesta dinámica a pequeñas deformaciones de un material granular arcilloso. Bogotá, Colombia: Tesis universitaria: Universidad Santo Tomás - Bogotá - Colombia.
- Palomino, T. K. (2016). Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100. Cajamarca, Perú: Tesis universitaria: Universidad Privada del Norte.
- Pavement Interactive. (30 de enero de 2020). Pavement Interactive. Obtenido de <https://pavementinteractive.org/reference-desk/design/design-parameters/subgrade/>
- Pavement Interactive, 2020. (2014). Manual de carreteras. Perú: Ministerio de Transportes y Comunicaciones.
- Peethamparan, S., Olek, J., & Lovell, J. (2008). Influence of Chemical and Physical Characteristics of Cement Kiln Dusts (CKDs) on Their Hydration Behavior and Potential Suitability for Soil Stabilization. *Cement and concrete research*. 38(6): 803-815.
- PROESTECH. (2017). Ficha Técnica AL Proes100. Colombia: PROESTECH.
- Rodriguez, J. (2014). *Slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/jaimericadorodriguez5/metodos-empiricos>
- RoutesToFinance. (2020). *RoutesToFinance*. Obtenido de <https://esp.routestofinance.com/subbase-or-subgrade-improving-soil-conditions>
- Sabino, C. (1992). El proceso de investigación. Caracas, Venezuela: Panapo - Caracas - Lumen-Humánitas, Buenos Aires, 216 p.
- Salih, A. G. (2012). Review on Granitic Residual Soils' Geotechnical Properties. *Electronic Journal of Geotechnical Engineering*. 2645-2658.
- Sánchez, A. M. (2014). Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua provincia de Manabí. Quito, Ecuador: Tesis universitaria: Pontificia Universidad Católica del Ecuador.

- SENSICO. (2014). Límite de contracción. Abancay, Apurímac, Perú: Escuela Superior Técnica.
- Taibe, G. W., & Pillaca, Y. B. (2014). Propuestas técnicas y económicas del uso del aditivo SIKA 21 y T-PRO 500 para el mejoramiento de las propiedades físicas mecánicas de la superficie de la superficie de rodadura en las carreteras no pavimentadas. Huancavelica, Perú: Tesis universitaria: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Tamayo, y. T. (2004). *El proceso de investigación científica*. México: Limusa Noriega Editores.
- Tingle, J. S., Newman, J. K., Larson, S. L., Weiss, C. A., & Rushing, J. F. (2007). Stabilization Mechanisms of Nontraditional Additives. *Transp Res Rec: J. Transp Res Board*. 1989(1): 59–67.
- Townsend, F. C. (1985). Geotechnical characteristics of residual soils. *Journal of Geotechnical Engineering*. 111.1: 77-94. .
- Unviersidad Politécnica de Madrid. (2015). *LCweb*. Obtenido de [http://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/ensayos\\_suelos/cbr.html](http://www2.caminos.upm.es/departamentos/ict/lcweb/ensayos_suelos/cbr.html)
- Zapata, F. (2011). Compresibilidad: de sólidos, de líquidos, de gases, ejemplos. Venezuela: Universidad de Caracas.
- Zelalem, A. (2005). Basic Engineering Properties of Lateritic Soils Found in Nejo–Mendi Road Construction Area, Welega. M. Sc. Thesis, Department of Civil Engineering. Addis Ababa University, Ethiopia.
- Zhu, Z. D., & Liu, S. Y. (2008). Utilization of a New Soil Stabilizer for Silt Subgrade. *Engineering Geology*. 97(3): 192-198.

# **ANEXOS**

**ANEXO NRO 1**  
**PANEL FOTOGRAFICO**



FOTO 1: Calicata progresiva 0+250



FOTO 2: Calicata progresiva 0+250



FOTO 3: Calicata progresiva 0+750



FOTO 4: Muestras lavado para tamiz de Granulometría



FOTO 5: Tamiz de Granulometría



FOTO 6: Adicionando agua a la mezcla



FOTO 7: Copa casa grande



FOTO 8: Corte horizontal y vertical copa casa grande.



FOTO 9: Muestra Proctor y CBR



FOTO 10: Aplicando los 56 golpes.



FOTO 11: Cemento al 1%



FOTO 12: Cemento al 1.5%

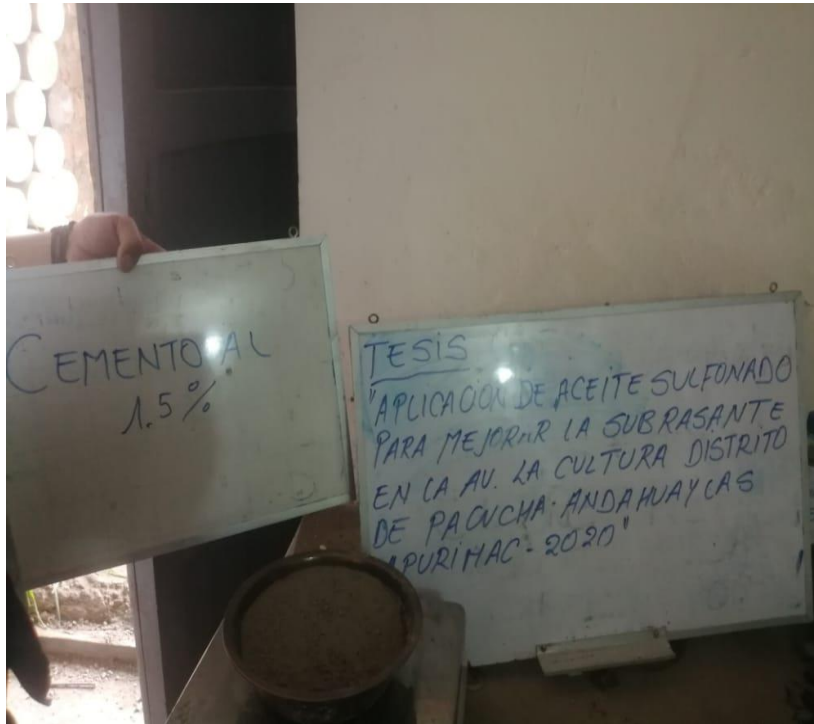


FOTO 13: Cemento al 2.00 %





FOTO 14: Aceite sulfonado



FOTO 15: CBR cemento + aceite sulfonado



FOTO 15: CBR cemento + aceite sulfonado



**ANEXO NRO 2**

**FICHA DE VALIDACIÓN Y**

**FORMATO DE DOSIFICACIÓN**



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION POR JUICIO DE EXPERTOS

### I. DATOS GENERALES

**TITULO:** aplicación de aceite sulfonado para mejorar la sub rasante en la avenida la cultura distrito de pacucha, Andahuaylas – Apurímac 2020.

**NOMBRE DEL EXPERTO:** ALEJANDRINO SALVADOR VIVANCO VILCHEZ

**INSTITUCION DONDE LABORA:** OFICINA TECNICA

**TESISTA:** Josmell Frank Manrique Reynaga

**INSTRUMENTO:**

### II. ASPECTOS DE VALIDACION (calificación cuantitativa)

INDICADORES DE EVALUACION DE INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	deficiente	regular	bueno	muy bueno	excelente
		(01-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		1	2	3	4	5
1	CLARIDAD esta formulando con lenguaje apropiado			16		
2	ABETIVIDAD esta expresando en procesos observables				17	
3	ACTUALIDAD adecuado a los avances de las tecnologías constructivas				17	
4	ORGANIZACIÓN existe un constructo logico de los demas			16		
5	SUFICIENCIA valora las dimensiones en calidad y cantidad					19
6	INTENSIONALIDAD adecuado para cumplir con los objetivos trazados			15		
7	CONSISTENCIA utiliza suficientemente referencias bibliograficas				17	
8	COHERENCIA entre hipotesis dimensiones e indicadores			16		
9	METODOLOGIA cumple con los instrumentos metodologicos			16		
10	PERTINENCIA es funcional y asertivo para los objetivos trazados				17	
SUB TOTAL		0	0	79	68	19
TOTAL				166		

VALIDACION CUANTITATIVA

VALIDACION CUALITATIVA

VALIDACION DE APLICABILIDAD

LEYENDA	
(01-12)	improcedente
(13-15)	aceptable con recomendación
(16-20)	aceptable

Lugar y fecha

Andahuaylas 19 de diciembre 2020

Alejandro Salvador Vivanco Vilchez  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N° 16520



VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

TITULO: aplicación de aceite sulfonado para mejorar la sub rasante en la avenida la cultura distrito de pacucha, Andahuaylas – Apurímac 2020.

NOMBRE DEL EXPERTO:

INSTITUCION DONDE LABORA:

TESISTA: Josmell Frank Manrique Reynaga

INSTRUMENTO:

II. ASPECTOS DE VALIDACION (calificación cuantitativa)

INDICADORES DE EVALUACION DE INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	deficiente	regular	bueno	muy bueno	excelente
		(01-10)	(11-13)	(14-16)	(17-19)	(19-20)
		1	2	3	4	5
1	CLARIDAD			14		
2	OBJETIVIDAD			14		
3	ACTUALIDAD				17	
4	ORGANIZACIÓN			15	17	
5	SUFICIENCIA				17	
6	INTENCIONALIDAD			16		
7	CONSISTENCIA			15		
8	COHERENCIA				17	
9	METODOLOGIA			16		
10	PERTINENCIA				17	
SUB TOTAL		0	0	90	68	
TOTAL				15.8		

VALIDACION CUANTITATIVA

VALIDACION CUALITATIVA

VALIDACION DE APLICABILIDAD

LEYENDA	
(01-12)	improcedente
(13-15)	aceptable con recomendación
(16-20)	aceptable

Lugar y fecha

Andahuaylas 22 de diciembre 2020

Josmell Frank Manrique Reynaga  
ING. CIVIL  
DP N° 123856



VALIDACION DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACION POR JUICIO DE EXPERTOS

I. DATOS GENERALES

TITULO: aplicación de aceite sulfonado para mejorar la sub rasante en la avenida la cultura distrito de pacucha, Andahuaylas – Apurímac 2020.

NOMBRE DEL EXPERTO: DAVID VIVANCO MARQUEZ

INSTITUCION DONDE LABORA: OBRA PRIVADA

TESISTA: Josmell Frank Manrique Reynaga

INSTRUMENTO:

II. ASPECTOS DE VALIDACION (calificación cuantitativa)

INDICADORES DE EVALUACION DE INSTRUMENTO	CRITERIOS CUALITATIVOS	deficiente	regular	bueno	muy bueno	excelente
		(01-10)	(10-15)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
		1	2	3	4	5
1	CLARIDAD esta formulando con lenguaje apropiado			16		
2	OBJETIVIDAD esta expresando en procesos observables			16		
3	ACTUALIDAD adecuado a los avances de las tecnologías constructivas				17	
4	ORGANIZACIÓN existe un constructo logico de los demas			15		
5	SUFICIENCIA valora las dimensiones en calidad y cantidad					19
6	INTENSIONALIDAD adecuado para cumplir con los objetivos trazados			16		
7	CONSISTENCIA utiliza suficientemente referencias bibliograficas				17	
8	COHERENCIA entre hipotesis dimensiones e indicadores			15		
9	METODOLOGIA cumple con los instrumentos metodologicos				18	
10	PERTINENCIA es funcional y asertivo para los objetivos trazados			16		
SUB TOTAL				94	52	19
TOTAL				16.5		

VALIDACION CUANTITATIVA

VALIDACION CUALITATIVA

VALIDACION DE APLICABILIDAD

LEYENDA	
(01-12)	improcedente
(13-15)	aceptable con recomendación
(16-20)	aceptable

Lugar y fecha

Andahuaylas 24 de diciembre 2020

  
 DAVID VIVANCO MARQUEZ  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. N° 185737



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## FICHA DE VALIDACION DE EXPERTOS

NOMBRE DE LA INVESTIGACION: "Aplicación de aceite sulfonado para mejorar la sub rasante en la Avenida la cultura distrito de pacucha, Andahuaylas – Apurímac 2020"

INVESTIGADOR: Josmell Frank Manrique Reynaga

FECHA: Andahuaylas 28 De diciembre 2020

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS	segun Oseda (2012, p 177) nos da la siguiente tabla					
				validez nula (0.53 a menos)	validez baja (0.54 a 0.59)	valida de (0.60 a 0.65)	muy valida (0.66 a	excelente validez (0.72 a	validez perfecta (1.0)
				Ingeniero 1		Ingeniero 2		Ingeniero 3	
aceite sulfonado	dosificacion	0.25 a 0.35 l/m <sup>3</sup>	limites de consistencia	0.85	0.96	0.90			
	condiciones químicas del aditivo	peso específico	clasificación de suelos	0.93	0.87	0.95			
		pH		0.90	0.93	1			
		estabilidad		1		0.85			
proceso de estabilización química	proceso de estabilización química	división de riesgo	proctor						
		suelo natural con plasticidad							
		aglomerante							
		ioniza y ordena las partículas del suelo		1	0.92	1			
	resistencia								
	esfuerzo								
estabilización de subrasante	propiedades físicas de subrasante	perfil	clasificación AASHTO	0.95	0.97	0.96			
		granulometría							
	índice de plasticidad	% de peso tamaño de intervalo de variación del contenido de humedad	limites de atterberg	0.96	0.89	0.90			
		comprensibilidad del suelo							
índice de curvatura	contenido mínimo de agua	limites de atterberg	0.97	0.85	0.92				
	volumen de la muestra de suelo								
				7.56	6.39	7.48			
				0.94	0.91	1.0			
				TOTAL		0.95			

### OPINION DE APLICABILIDAD

aplicable

Alejandro Salvador Vivanco Sánchez  
INGENIERO CIVIL  
Reg. del Colegio de Ingenieros N.º 18527

Ingeniero 1

DAVID E. VIVANCO MÁRQUEZ  
INGENIERO CIVIL  
CIP. N.º 285737

Ingeniero 2

Lazero Rodolfo Castillo Cabezas  
ING. CIVIL  
CIP. N.º 125828

Ingeniero 3

### Anexo A. Matriz de Consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	INDICADORES	POBLACIÓN Y MUESTRA	METODOLOGÍA
<p><b>Problema General</b></p> <p>¿En qué medida el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la subrasante en la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, de la provincia de Andahuaylas -2020?</p> <p><b>Problemas específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ¿Cuál es influencia del aceite sulfonado, en la resistencia de la estabilización de la subrasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas?</li> <li>• ¿Cuál es influencia del aceite sulfonado, en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la subrasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas?</li> <li>• ¿Cuál es influencia del aceite sulfonado, en la mejora las características</li> </ul>	<p><b>Objetivo general</b></p> <p>Establecer en qué medida el aceite sulfonado, influye en la estabilización de la subrasante en la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas -2020.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la resistencia de la estabilización de la subrasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.</li> <li>• Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la subrasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.</li> <li>• Identificar la influencia del aceite sulfonado, en la mejora las características</li> </ul>	<p><b>Hipótesis general</b></p> <p>El aceite sulfonado, influye significativamente en la estabilización de la subrasante de la avenida La Cultura del distrito de Pacucha, al mejorar la resistencia de la estabilización frente al agua y cambios de humedad, además de las características mecánicas.</p> <p><b>Hipótesis específicas</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El aceite sulfonado, influye significativamente en la resistencia de la estabilización de la subrasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.</li> <li>• El aceite sulfonado, influye significativamente en la estabilidad frente al agua y cambios de humedad de la sub</li> </ul>	<p>Aceite sulfonado</p> <p>Subrasante</p>	<p>Dosificación</p> <p>Condiciones químicas del aditivo líquido</p> <p>Proceso de estabilización química</p> <p>Propiedades físicas de subrasante</p> <p>Índice de plasticidad</p> <p>Índice de contracción</p>	<p>Dosis de 0,25 a 0,35 lt/m<sup>3</sup></p> <p>Peso específico pH Estabilidad División de riesgo</p> <p>Suelo natural con plasticidad Aglomerante Ioniza y ordena las partículas del suelo Resistencia Esfuerzo</p> <p>Perfil Granulometría</p> <p>Porcentaje del peso Tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad Compresibilidad del suelo</p> <p>Contenido mínimo de agua Volumen de la muestra de suelo</p>	<p>La población objeto de estudio es la avenida La Cultura, distrito de Pacucha y provincia de Andahuaylas</p> <p>La muestra es la primera y segunda cuadra de la Avenida La Cultura.</p>	<p><b>Tipo de Investigación:</b> Es de tipo APLICADA</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> Experimental</p> <p><b>Diseño de Investigación:</b> El nivel del estudio es explicativo</p> <p><b>Enfoque de la Investigación:</b> El enfoque del estudio es cuantitativo.</p>



<p>mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas?</p>	<p>mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas</p>	<p>rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• El aceite sulfonado, influye significativamente en la mejora las características mecánicas de la estabilidad de la sub rasante en la avenida La Cultura del Distrito de Pacucha, provincia de Andahuaylas.</li> </ul>		<p>Índice CBR</p>	<p>Volumen de la masa de suelo</p> <p>Cambios de volumen</p> <p>Capacidad de carga</p> <p>CBR al 0.1”</p> <p>CBR al 0.2”</p>		
--	---	---	--	-------------------	--	--	--

**APLICACIÓN DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUBRASANTE EN LA AVENIDA “LA CULTURA” DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURÍMAC - 2020**

**Anexo B. Operacionalización de las Variables**

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN
Aceite sulfonado	Es un aditivo líquido que actúa por ionización y ordena las partículas del suelo, permitiendo estabilizar químicamente el suelo natural transformándolo en una base impermeable, resistente y flexible (PROESTECH, 2017).	Los límites de consistencia, la clasificación de suelos y proctor, son los instrumentos a utilizarse para analizar la dosificación, las condiciones químicas del aceite sulfonado basado en la tecnología que la respalda.	Dosificación	Dosis de 0,25 a 0,35 lt/m3	Límites de consistencia	ordinal
			Condiciones químicas del aditivo líquido	Peso específico	Clasificación de suelos	
				pH		
				Estabilidad		
				División de riesgo		
			Proceso de estabilización química	Suelo natural con plasticidad	Proctor	
				Aglomerante		
				Ioniza y ordena las partículas del suelo		
				Resistencia		
				Esfuerzo		
Subrasante	Superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte o relleno), sobre la cual se coloca la estructura del	La clasificación AASHTO, límites de Atterberg y penetración un pistón, permitirá medir las propiedades físicas de la subrasante,	Propiedades físicas de subrasante	Perfil	Clasificación AASHTO	
				Granulometría		
			Índice de plasticidad	Porcentaje del peso	Límites de Atterberg	
				Tamaño del intervalo de variación del contenido de humedad		
				Compresibilidad del suelo		
			Índice de contracción	Contenido mínimo de agua	Límites de Atterberg	
Volumen de la muestra de suelo						

	pavimento o afirmado base. (MTC EM 115)	medir su índice de plasticidad y de contracción, asimismo el índice CRB.	Índice CBR	Volumen de la masa de suelo	Penetrar un pistón
				Cambios de volumen	
				Capacidad de carga	
				CBR al 0.1"	
				CBR al 0.2"	

**ANEXO NRO 4**

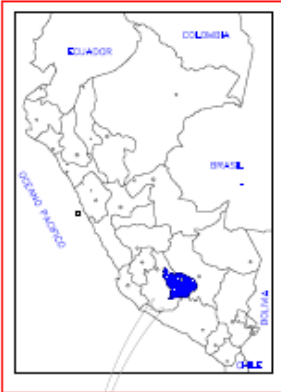
**ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS**

PERFILADO Y COMPACTADO DE SUB RASANTE					
descripción del recurso	unidad	cuadrilla	cantidad	precio S/.	parcial S/.
mano de obra					
peón	hh	1.0000	0.0167	15.78	0.25
materiales					
aceite sulfonado	1		0.3500	120	42.00
cemento portland tipo I (42.5 kg)	kg		21.675	1.1	23.84
equipos					
rodillo liso vibratorio 101-113hp 10- 12 t	hm	1.0000	0.0167	152.4	2.55
moto niveladora 125 hp	hm	1.0000	0.0167	175.16	2.93
camion cisterna (2.500 gl)	hm	0.5000	0.0083	157.01	1.3
camion espaciador de aditivos solidos	hm	0.5000	0.0083	157.01	S/. 74.20

## ANEXO NRO 5

# PLANO DE UBICACIÓN

REPUBLICA DE PERÙ



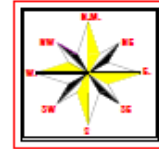
UBICACION A NIVEL NACIONAL

ESC: 50

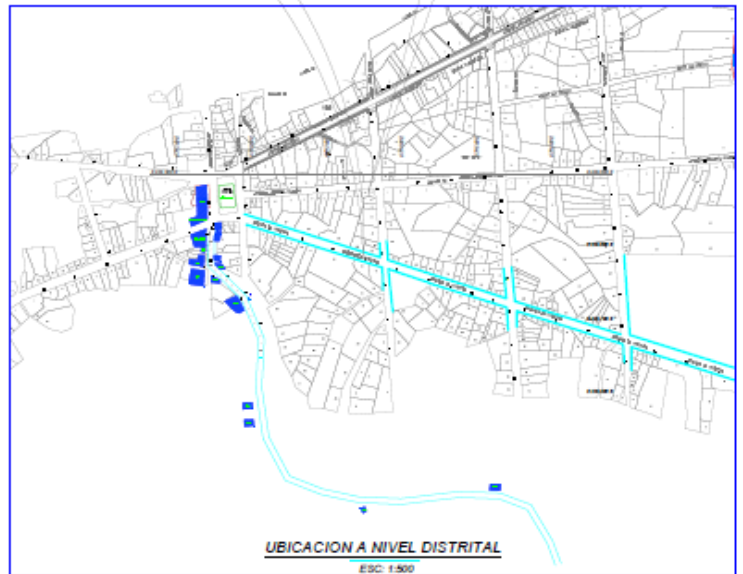


UBICACION A NIVEL PROVINCIAL

ESC: 50

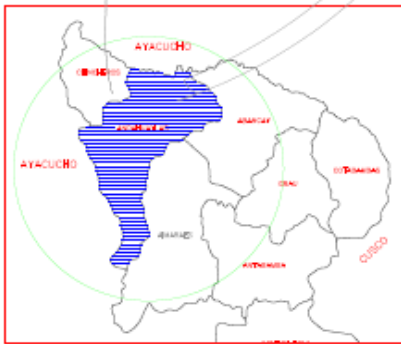


ZONA DEL PROYECTO



UBICACION A NIVEL DISTRITAL

ESC: 1:500



UBICACION A NIVEL DEPARTAMENTAL

	ESC: 50	<p>*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN EL DISTRITO DE PACUCHA ANDAHUAYLAS - APURIMAC</p>		<p>PLANO TOPOGRAFICO</p>							
				<table border="1"> <tr> <td>PROYECTO</td> <td>APURIMAC</td> <td>DEPARTAMENTO</td> <td>ANDAHUAYLAS</td> </tr> <tr> <td>DISTRITO</td> <td>PACUCHA</td> <td>COMUNIDAD</td> <td>COMUNIDAD DE SAN...</td> </tr> </table>	PROYECTO		APURIMAC	DEPARTAMENTO	ANDAHUAYLAS	DISTRITO	PACUCHA
PROYECTO	APURIMAC	DEPARTAMENTO	ANDAHUAYLAS								
DISTRITO	PACUCHA	COMUNIDAD	COMUNIDAD DE SAN...								

**ANEXO NRO 6**  
**CERTIFICADOS DE ENSAYOS**  
**FIRMADO**

---

## **ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS CON FINES VIALES**

**INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON**

**Proyecto:**

**“APLICACION DE ACEITE SULFONADO  
PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA  
AVENIDAD LA CULTURA DEL DISTRITO DE  
PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC  
2020”**

**Solicitante:**

**JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA**

**Ubicación:**

**APURIMAC / ANDAHUAYLAS / PACUCHA**

**Fecha:**

**DICIEMBRE DE 2020**

**INGEOTECON**

JOSEF JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174607  
JEFE DE LABORATORIO



**ANEXO 1**  
**PROG. 0+500**

**INGEOTECON**

JOSER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO

	<b>LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)</b>	Código del formato base:
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento: REG-OPF-10.00

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECOM

Región/Provincia : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+250

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato / Nivel : SUB RASANTE

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)**

	RECIPIENTE	Nº	159	275		
1	PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	17.722	17.152		
2	PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	17.119	16.664		
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.166	14.303		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.60	0.49		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	2.86	2.38		
6	HUMEDAD	%	20.42%	20.67%		

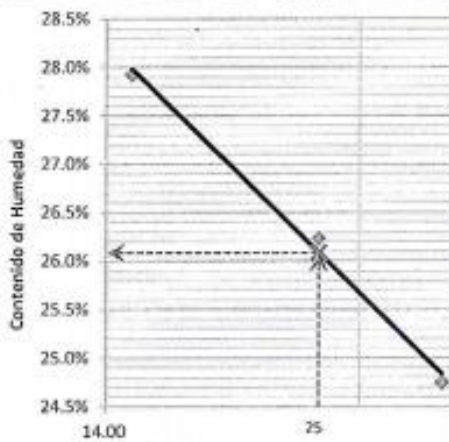
**LIMITE PLÁSTICO** % **20.5%**

**DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)**

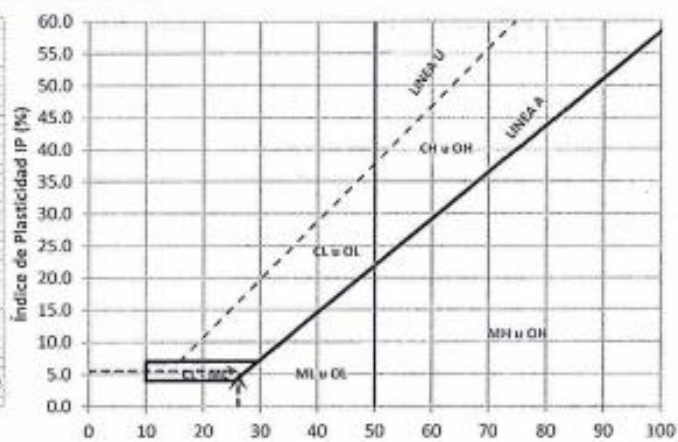
	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			227	241	10	
1	PESO SUELO HUMEDO + RECIPIENTE	gr	26.337	27.071	26.322	
2	PESO SUELO SECO + RECIPIENTE	gr	23.895	24.350	25.185	
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.027	13.978	13.859	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	2.442	2.721	3.157	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	9.888	10.372	11.306	
6	HUMEDAD	%	24.75%	26.23%	27.92%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	25	15	

**LIMITE LIQUIDO** % **26.1%**

**INDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 5.5%**



**CURVA DE FLUIDEZ**



**CARTA DE PLASTICIDAD**

**INGEOTECOM**  
 JOBER JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174497  
 JEFE DEL LABORATORIO



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Código del formato base:

FOR-SIG-01.00

Código del documento:

REG-GPE-12.00

Proyecto : 'APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020'

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+250

Lugar : AV. LA CULTURA

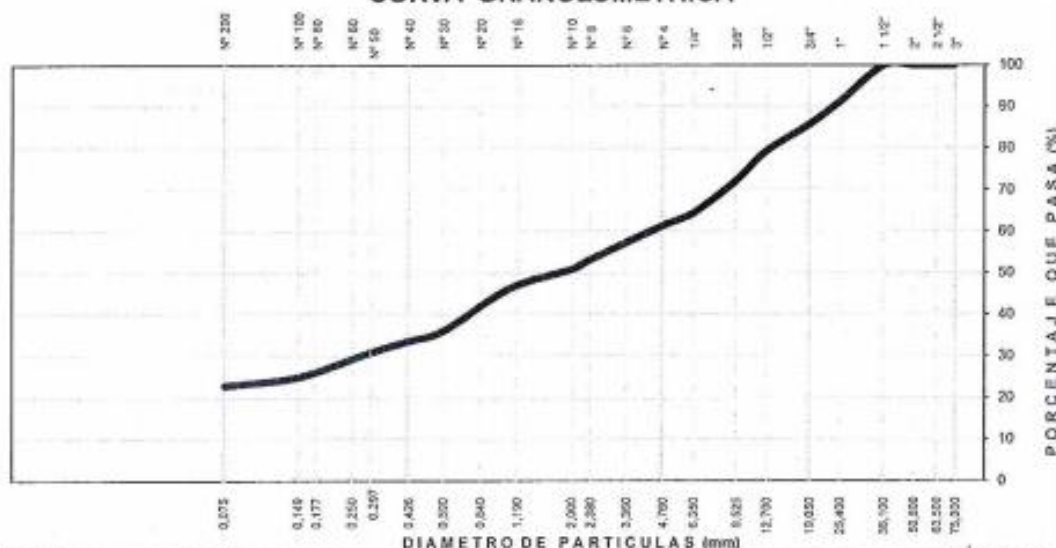
Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
						ENSAYOS ESTÁNDAR	
3"	75.000	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR	
2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	7829.6
2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	6042.2
1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	1787.4
1"	25.400	678.40	8.66	8.66	91.34	Humedad (%)	9.58
3/4"	19.000	435.20	5.56	14.22	85.78	% Grava	38.6
1/2"	12.700	498.80	6.37	20.59	79.41	% Grava gruesa	14.2
3/8"	9.500	554.80	7.09	27.68	72.32	% Grava fina	24.4
1/4"	6.350	614.80	7.85	35.53	64.47	% Arena	38.6
Nº 4	4.750	240.50	3.07	38.60	61.40	% Arena gruesa	10.6
Nº 8	2.350	649.00	8.29	46.89	53.11	% Arena media	17.3
Nº 10	2.000	178.20	2.28	49.17	50.83	% Arena fina	10.7
Nº 16	1.100	383.40	4.84	53.81	46.19	% de Finos	22.8
Nº 30	0.590	794.00	10.14	63.95	36.05	$D_{10} = D_{60} =$	0.0329
Nº 40	0.425	194.60	2.49	66.44	33.56	$D_{30} =$	0.2763
Nº 50	0.297	214.20	2.74	69.17	30.83	$D_{50} =$	4.3560
Nº 100	0.149	463.40	5.92	75.09	24.91	Cu =	--
Nº 200	0.075	162.80	2.08	77.17	22.83	Cc =	--
Lavado		1,787.4	22.83	100.00		CLASIFICACIÓN	
TOTAL		7829.6	100.0			AASHTO	<b>A-1-b (0)</b>
						Clasificación SUCS	<b>GC-GM</b>

**GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA**

### CURVA GRANULOMÉTRICA



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**

JOSEF JUANMANA AGUIADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO

E/SEP



**COMPACTACION DE  
SUELOS EN  
LABORATORIO  
UTILIZANDO UNA  
ENERGÍA MODIFICADA  
(MTC E 115)**

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento  
REG-OPF-35.00

Proyecto : \*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020\*

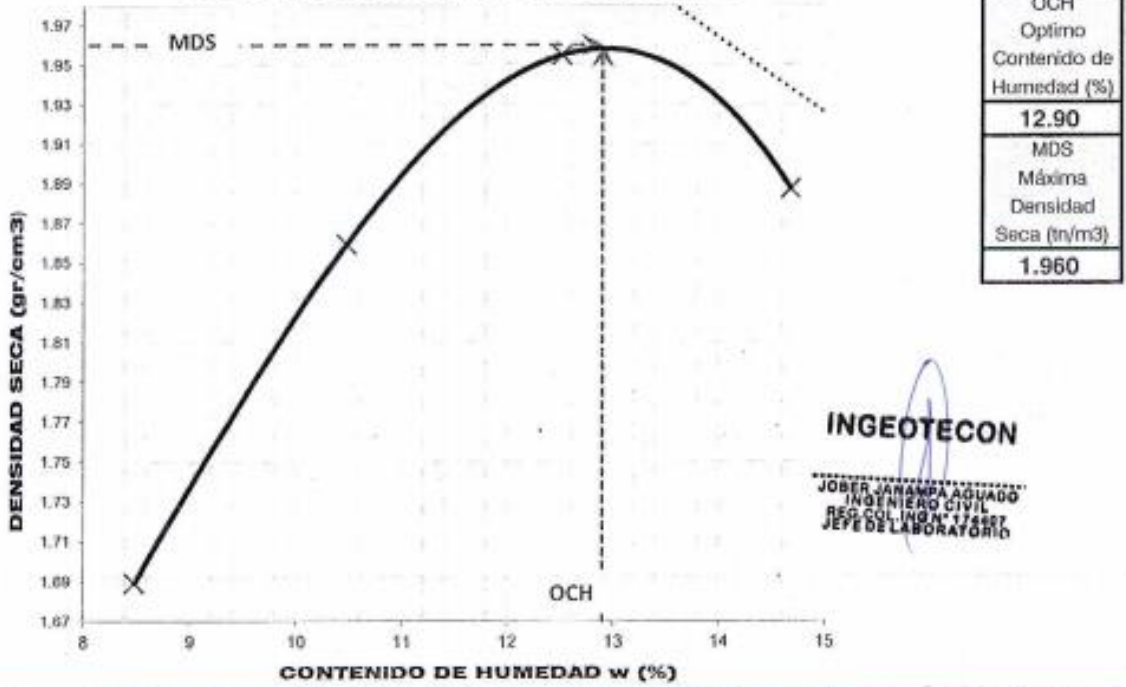
Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
 Exploración : KM 0+250  
 Estrato/Nivel : SUB RASANTE  
 Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Distrito : PACUCHA  
 Lugar : AV. LA CULTURA  
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	GC-GM GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA	METODO C	
Clasificación AASHTO :	A-1-b (0)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 56
% Retenido acumulado malla N° 4 :	38.6	Material Pasante a usar	PASA 3/4
% Retenido acumulado malla 3/8" :	27.7	Molde (Pulg)	6 Código M7
% Retenido acumulado malla 3/4" :	14.2	Peso Molde (gr) :	6257.00 Vol.(cm3) : 2101.72

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	10,108	10,574	10,880	10,806
Peso de la muestra compactada	gr	3,851.0	4,317.0	4,623.0	4,549.0
Densidad húmeda	gr/cc	1.83	2.05	2.20	2.16
Densidad seca	gr/cc	1.69	1.86	1.95	1.89

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		339.0	338.0	358.0	341.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	1,051.50	1,169.90	1,095.90	1,135.00
Peso de tarro + suelo seco	gr	979.80	1,072.30	989.50	1,006.90
Peso del tarro	gr	134.000	140.300	139.200	134.190
Peso del agua	gr	71.70	97.60	106.40	128.10
Peso del suelo seco	gr	845.80	932.00	850.30	872.71
Contenido de humedad	%	8.48	10.47	12.51	14.68

**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**



Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provi: APURIMAC / ANDAHUYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MARRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+250

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	20			23			26			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE + S. HÚM. gr	12,631			12,671			11,406			
PESO DEL MOLDE gr	7,984.00			8,080.00			6,907.00			
PESO SUELO HÚM. gr	4,647.00			4,591.00			4,489.00			
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup>	2,086.70			2,085.80			2,116.40			
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.23			2.19			2.13			
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	1.97			1.94			1.88			
Contenido de Humedad	Humedad: Inicial		final	Humedad: Inicial		final	Humedad: Inicial		final	
TARRO Nº	No.	329	321	333	329	321	351	329	321	126
TARRO + SUELO HÚM.	gr	906.6	911.9	1,134.4	906.6	911.9	1,130.5	906.6	911.9	1,165.8
TARRO + SUELO SECO	gr	619.9	623.2	1,016.3	619.9	623.2	1,014.0	619.9	623.2	1,042.3
PESO DEL TARRO	gr	132.12	134.88	128.00	132.12	134.88	131.46	132.12	134.88	136.50
% DE HUMEDAD	%	12.93	12.88	13.05	12.93	12.89	13.20	12.93	12.89	13.64
HUMEDAD	%	12.91		13.05	12.91		13.20	12.91		13.64
ABSORCIÓN	%	0.14			0.30			0.74		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.25	0.25	0.13	0.32	0.32	0.17	0.15	0.15	0.08
1.270	0.050		0.61	0.61	0.31	0.78	0.78	0.40	0.43	0.43	0.22
1.900	0.075		1.14	1.14	0.59	1.34	1.34	0.69	0.85	0.85	0.44
2.540	0.100	0.9	1.84	1.84	0.95	2.06	2.06	1.06	1.40	1.40	0.72
3.170	0.125		2.68	2.68	1.39	2.91	2.91	1.51	2.09	2.09	1.08
3.810	0.150		3.71	3.71	1.91	3.91	3.91	2.02	2.67	2.67	1.48
4.445	0.175		4.86	4.86	2.51	5.01	5.01	2.59	3.71	3.71	1.92
5.080	0.200	10.35	6.14	6.14	3.17	6.15	6.15	3.18	4.57	4.57	2.38
7.620	0.300		12.62	12.62	6.47	10.97	10.97	5.67	7.97	7.97	4.12

**INGEOTECON**

JOSMELL FRANK MARRIQUE REYNAGA  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174487  
JEFE DE LABORATORIO



**CBR DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Código formato base:  
FCR 010-01.00  
Código del documento:  
REG-CPE-00.00  
Página 2 de 2

**Proyecto** : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

**Trazabilidad** : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON      **Región/Provinc.** : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

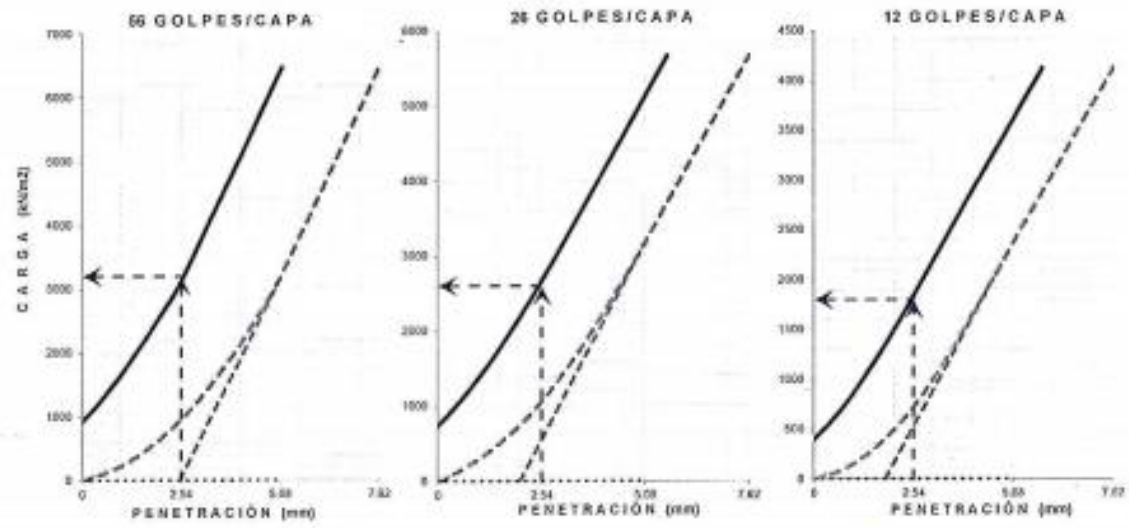
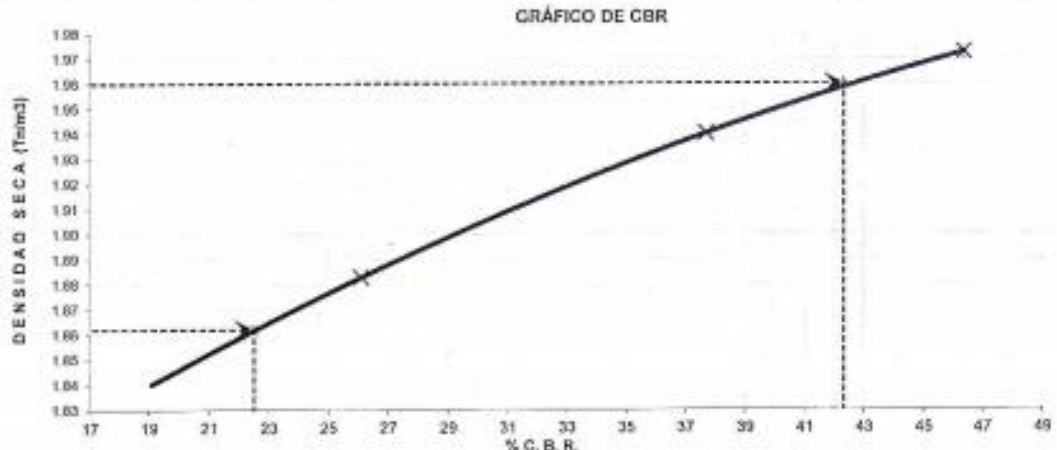
**Solicitante** : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA      **Distrito** : PACUCHA

**Exploración** : KM 0+259      **Lugar** : AV. LA CULTURA

**Estrato/Nivel** : SUB RASANTE      **Fecha** : DICIEMBRE DEL 2020

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	GC-GM	GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA	AASHTO : A-1-b (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t <sub>n</sub> /m <sup>3</sup> ) :	1.86	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	12.90
% Grava =	38.6	% Arena =	38.8
		% Finos =	22.8
		LL % =	26.1%
		LP % =	20.5%
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0
		IP % =	5.5%

RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)			
CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	42.3	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =	22.5
		CBR AL 80% MDS =	-,-



**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174401  
JEFE DEL LABORATORIO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:  
FOR-SIG-01.00  
Código del documento:  
REG-OPE-00.00  
Página 1 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON Región/Prov: APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+290 Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1% MDS) Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR													
MOLDE Nº	5			7			15						
CAPAS Nº	5			5			5						
GOLPES POR CAPA	56			26			12						
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO						
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,480			12,320			12,529					
PESO DEL MOLDE	gr	7,813.00			7,749.00			8,391.00					
PESO SUELO HÚM.	gr	4,667.00			4,577.00			4,438.00					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,107.84			2,103.42			2,097.62					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.21			2.18			2.12					
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.98			1.93			1.87					
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final	
TARRO Nº	Nro.	333	351	154	333	351	359	333	351	126			
TARRO+SUELO HÚM.	gr	831.1	872.9	1,110.8	831.1	872.9	1,032.2	831.1	872.9	893.8			
TARRO+SUELO SECO	gr	751.0	786.0	997.6	751.0	786.0	927.3	751.0	786.0	804.9			
PESO DEL TARRO	gr	128.00	131.46	129.49	128.00	131.46	131.16	128.00	131.46	136.50			
% DE HUMEDAD	%	12.86	12.93	13.04	12.86	12.93	13.17	12.86	12.93	13.30			
HUMEDAD	%	12.89		13.04	12.89		13.17	12.89		13.30			
ABSORCIÓN	%	0.15			0.27			0.41					

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (kPa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		2.99	2.99	1.55	2.22	2.22	1.15	1.91	1.91	0.99
1.270	0.050		8.74	8.74	3.48	5.27	5.27	2.72	4.32	4.32	2.23
1.900	0.075		11.18	11.18	5.78	8.27	8.27	4.27	6.91	6.91	3.57
2.540	0.100	8.9	15.50	15.50	8.01	12.48	12.48	6.45	9.68	9.68	5.00
3.170	0.125		19.66	19.66	10.16	16.41	16.41	8.48	12.48	12.48	6.45
3.810	0.150		23.54	23.54	12.18	20.30	20.30	10.49	15.42	15.42	7.97
4.445	0.175		27.07	27.07	13.99	24.23	24.23	12.52	18.43	18.43	9.52
5.080	0.200	10.35	30.44	30.44	15.73	27.99	27.99	14.46	21.47	21.47	11.10
7.620	0.300		42.31	42.31	21.86	42.97	42.97	22.21	33.78	33.78	17.46

**INGEOTECON**

JOSE JANGMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. NO. 17497  
 JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
Exploración : KM 0+250  
Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 N/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1% MDS)

Región/Provincia : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
Distrito : PACUCHA  
Lugar : AV. LA CULTURA  
Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

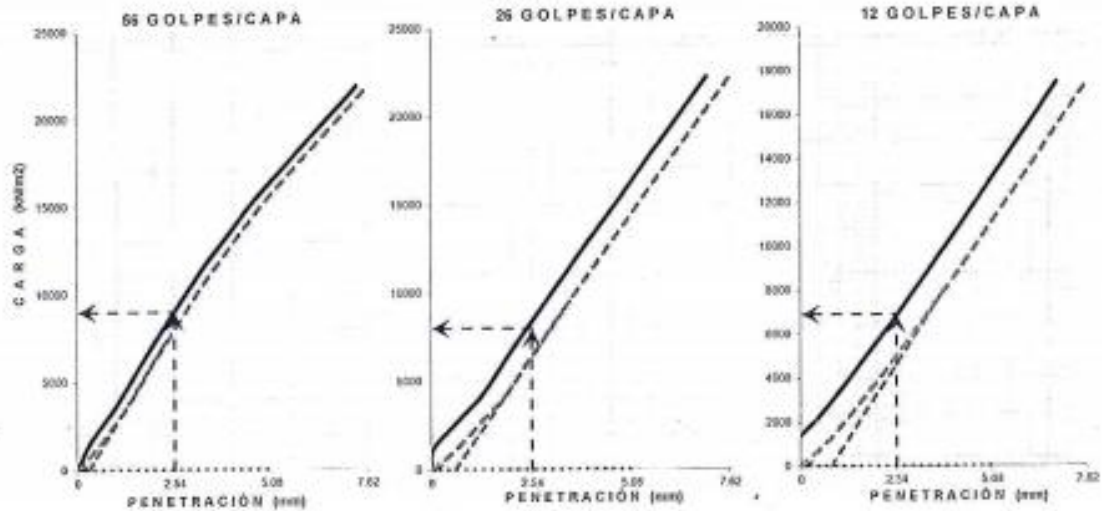
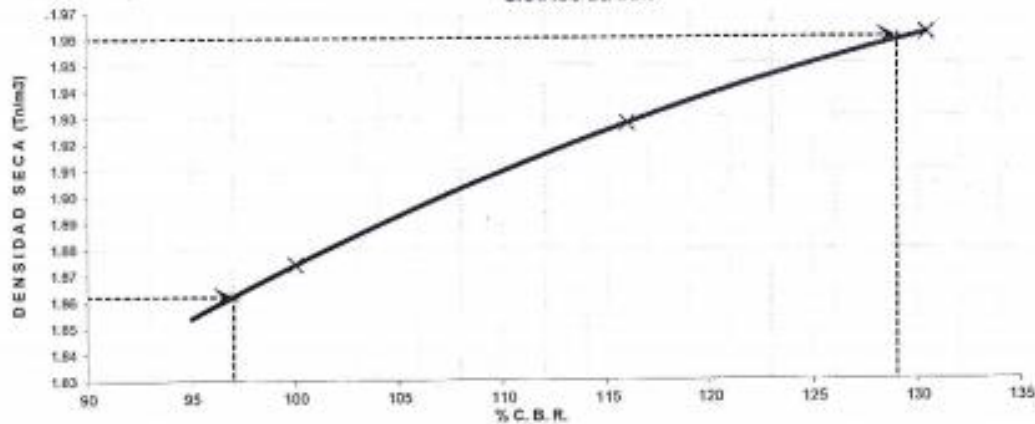
**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	GC-GM	GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA	AASHTO :	A-1-b (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	1.96	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	12.90	
% Grava =	38.6	% Arena =	38.6	% Finos = 22.8
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 5.5%
		LL % =	26.1%	LP % = 20.5%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 129.0    CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 97.0    CBR AL 90% MDS = -,-

GRÁFICO DE CBR -



**INGEOTECON**

JOSER JANSMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. INGEN. 174401  
JEFE DEL LABORATORIO





## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:

FCR-503-01.00

Código del documento:

REG-005-50.00

Página 1 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-Y-T-01/INGEOTECON

Región/Provi : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+250

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (5.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1.5% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	23			20			26			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE+S. HÚM	gr	12,723			12,514			11,400		
PESO DEL MOLDE	gr	8,080.00			7,984.00			6,907.00		
PESO SUELO HÚM.	gr	4,643.00			4,530.00			4,493.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,095.80			2,086.70			2,116.40		
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm <sup>3</sup>	2.22			2.17			2.12		
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	1.96			1.92			1.88		
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO Nº	Nro.	336	327	326	336	327	323	336	327	336
TARRO+SUELO HÚM.	gr	820.3	847.5	1,038.7	820.3	847.5	977.8	820.3	847.5	815.1
TARRO+SUELO SECO	gr	741.0	765.5	940.2	741.0	765.5	883.4	741.0	765.5	735.3
PESO DEL TARRO	gr	133.35	135.70	132.85	133.35	135.70	136.78	133.35	135.70	140.30
% DE HUMEDAD	%	13.05	13.02	12.19	13.05	13.02	12.64	13.05	13.02	13.42
HUMEDAD	%	13.04		12.19	13.04		12.64	13.04		13.42
ABSORCIÓN	%	-0.84			-0.40			0.38		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (píg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		5.70	5.70	2.94	4.03	4.03	2.08	2.99	2.99	1.54
1.270	0.050		14.59	14.59	7.54	10.22	10.22	5.26	7.70	7.70	3.98
1.900	0.075		22.91	22.91	11.84	16.28	16.28	8.41	12.89	12.89	6.65
2.540	0.100	6.9	29.98	29.98	15.49	22.44	22.44	11.60	18.02	18.02	9.31
3.170	0.125		35.93	35.93	18.57	26.63	26.63	14.78	23.01	23.01	11.89
3.810	0.150		41.18	41.18	21.28	40.58	40.58	20.97	27.97	27.97	14.45
4.445	0.175		45.65	45.65	23.59	46.29	46.29	23.92	32.97	32.97	17.04
5.080	0.200	10.35							37.77	37.77	19.52
7.620	0.300										

**INGEOTECON**

JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174837  
JEFE DEL LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+250

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 lt/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1.5% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS : GC-GM GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA AASHTO : A-1-b (0)

Máxima Densidad Seca MDS (tn/m<sup>3</sup>) : 1.96 Optimo Contenido de Humedad OCH % = 12.50

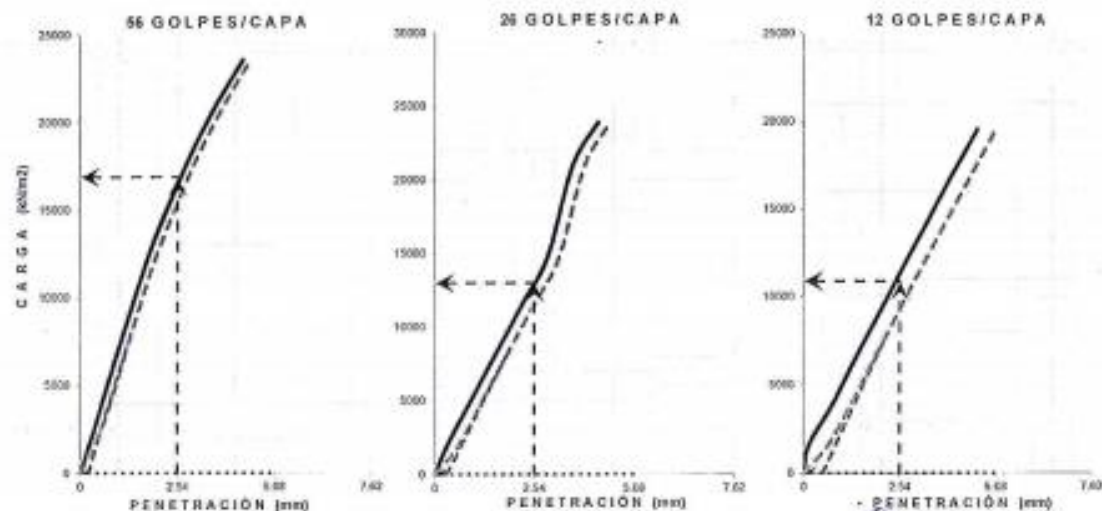
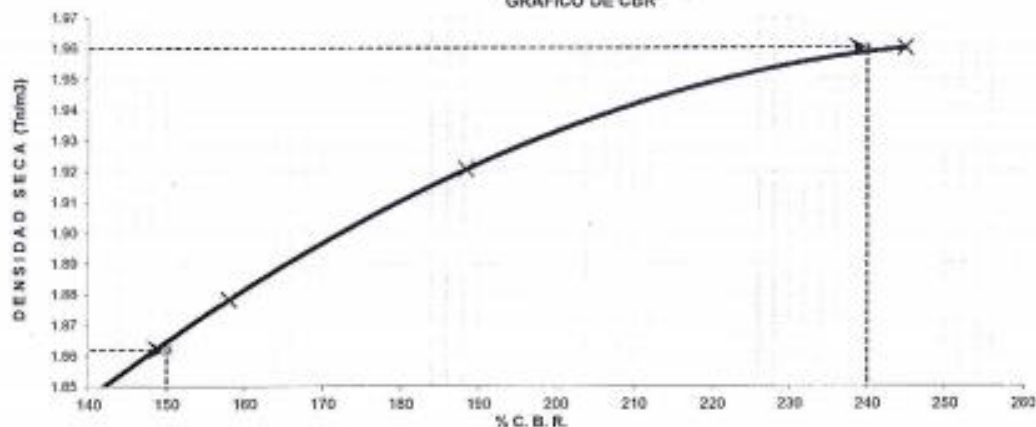
% Grava = 38.6 % Arena = 38.6 % Finos = 22.8 LL % = 28.1 LP % = 20.5

Expansión % = 0.00% Embebido (días) = 4.0 IP % = 5.5

**RESULTADOS DEL ENSAYO (01° DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1°) = 240.0 CBR AL 95% DE LA MDS (0.1°) = 150.0 CBR AL 90% MDS = -,-

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOSER JAHAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. INGM. 374467  
JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : \*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020\*

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Prov.: APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MARRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+269

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 l/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (2% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR											
MOLDE Nº	43			51			52				
CAPAS Nº	5			5			5				
GOLPES POR CAPA	56			26			12				
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO				
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	12,791		12,272		12,070					
PESO DEL MOLDE	gr	8,132.00		7,882.00		7,589.00					
PESO SUELO HÚM.	gr	4,659.00		4,590.00		4,481.00					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,101.49		2,107.53		2,106.14					
DENSIDAD HÚMEDA	g/cm <sup>3</sup>	2.22		2.18		2.13					
DENSIDAD SECA	g/cm <sup>3</sup>	1.96		1.93		1.88					
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final			
TARRO Nº	Nro.	128	351	310	128	351	313	128	351	314	
TARRO+SUELO HÚM.	gr	829.5	836.2	807.7	829.5	836.2	832.6	829.5	836.2	1,004.1	
TARRO+SUELO SECO	gr	749.3	756.7	725.4	749.3	756.7	835.5	749.3	756.7	893.0	
PESO DEL TARRO	gr	136.50	131.46	66.49	136.50	131.46	66.04	136.50	131.46	65.96	
% DE HUMEDAD	%	13.09	13.03	11.97	13.09	13.03	12.61	13.09	13.03	13.43	
HUMEDAD	%	13.06		11.97		13.06		12.61		13.43	
ABSORCIÓN	%	-1.10				-0.46				0.37	
EXPANSIÓN											
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
		mm	%		mm	%		mm	%		
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%		
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%		
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (p/g)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE			
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.830	0.025	5.77	5.77	2.98	4.24	4.24	2.19	2.77	2.77	1.43	
1.270	0.050	15.28	15.28	7.89	11.64	11.64	6.02	7.78	7.78	4.02	
1.900	0.075	24.61	24.61	12.72	19.43	19.43	10.04	14.41	14.41	7.45	
2.540	0.100	6.9	33.74	33.74	17.44	27.47	27.47	14.19	22.06	22.06	
3.170	0.125		42.27	42.27	21.84	35.23	35.23	18.21	29.54	29.54	
3.810	0.150					43.04	43.04	22.24	36.91	36.91	
4.445	0.175								44.70	44.70	
5.080	0.200	10.35									
7.620	0.300										

**INGEOTECON**

JOSÉ JANA MPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174487  
JEFE DE LABORATORIO



**CBR DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

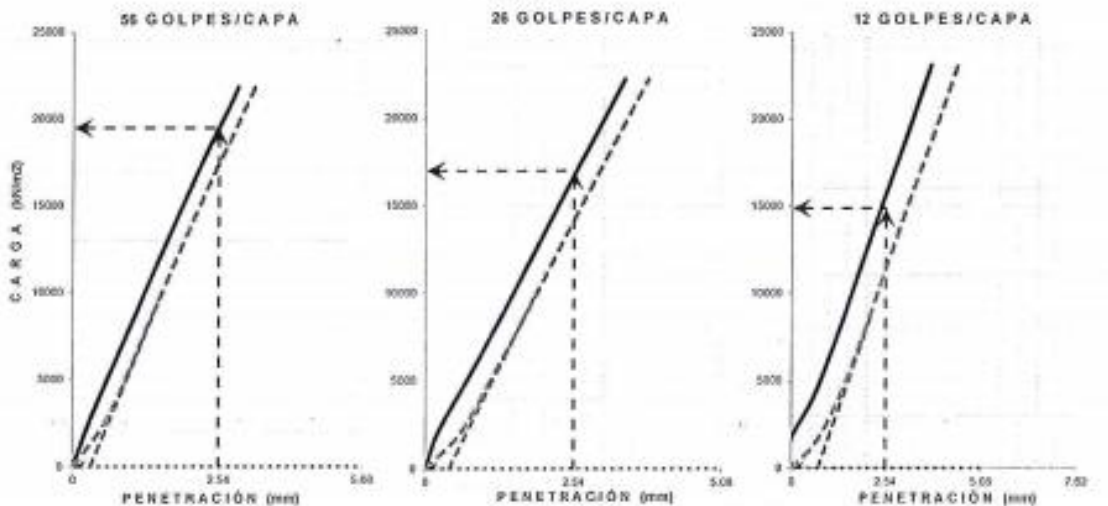
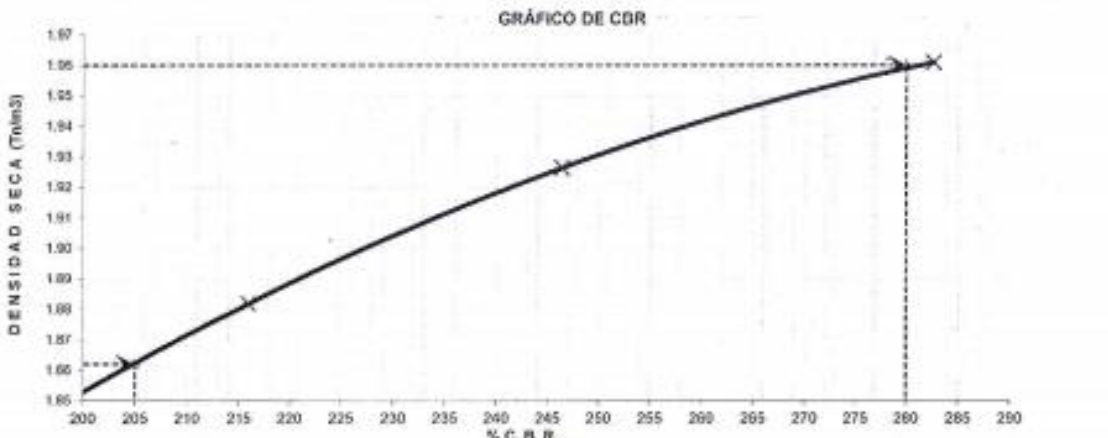
Código formato base:  
FOR-933-01.00  
Código del documento:  
REG-0PE-66.00  
Página 2 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDAD LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON      Región/Provincia. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
Solicitante : JOSMELL FRANK MARIQUE REYNAGA      Distrito : PACUCHA  
Exploración : KM 0+250      Lugar : AV. LA CULTURA  
Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 l/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (2% MDS)      Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

DATOS DEL ENSAYO				
Clasificación SUCS :	GC-GM	GRAVA LIMO - ARCILLOSA CON ARENA	AASHTO :	A-1-b (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	1.96	Optimo Contenido de Humedad OCH % =	12.90	
% Grava =	30.6	% Arena =	38.6	% Finos = 22.8      LL % = 28.1%      LP % = 20.5%
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 5.5%

RESULTADOS DEL ENSAYO (01° DE PENETRACIÓN)		
CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	280.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 205.0      CBR AL 90% MDS = -.-



**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COE. ING. N° 174902  
JEFE DEL LABORATORIO

**ANEXO 2**  
**PROG. 0+500**

**INGEOTECON**  
JOSEF JUAN MPA AGUIRRE  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174487  
JEFE DE LABORATORIO

	<b>LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)</b>	Código del formato base
		FOR-SIG-01.00
		Código del documento REG-OPF-10.00

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDAD LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

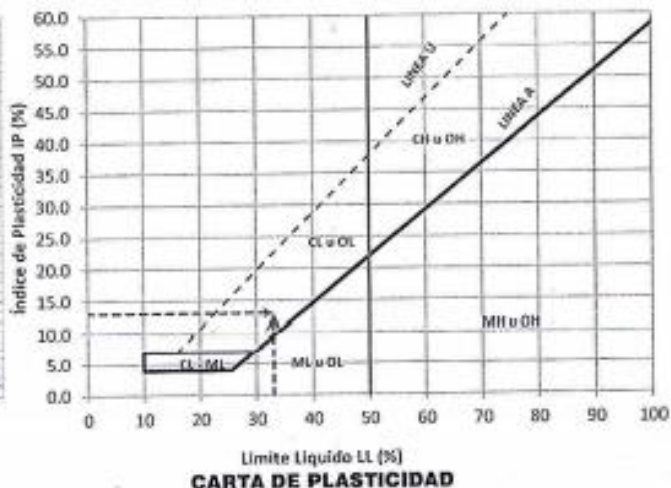
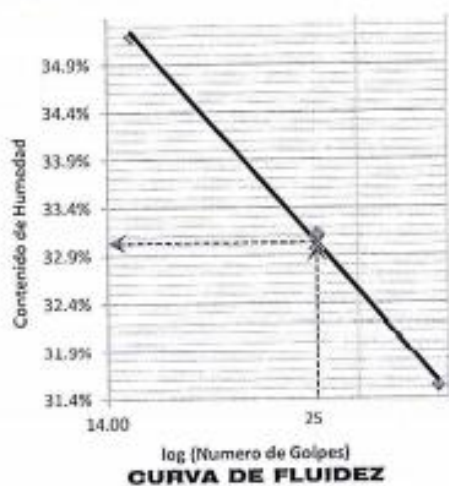
Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
 Exploración : KM 0+500  
 Estrato / Nivel : SUB RASANTE

Región/Provincia : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Distrito : PACUCHA  
 Lugar : AV. LA CULTURA  
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

<b>DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)</b>					
	RECIPIENTE	Nº	232	227	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	17.385	17.993	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	16.919	17.326	
3	PESO RECIPIENTE	gr	14.588	14.027	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.47	0.66	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	2.33	3.30	
6	HUMEDAD	%	19.99%	19.91%	
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>		<b>%</b>	<b>20.0%</b>		

<b>DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)</b>						
			PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
	RECIPIENTE	Nº	247	240	243	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	33.174	31.534	32.569	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	28.569	27.161	27.768	
3	PESO RECIPIENTE	gr	13.970	13.981	14.132	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	4.605	4.373	4.801	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	14.599	13.200	13.636	
6	HUMEDAD	%	31.54%	33.13%	35.21%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	25	15	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>		<b>%</b>	<b>33.0%</b>			

**INDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 13.1%**



**INGEOTECON**

JOSE JUAN AGUIRRE  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 47487  
 JEFE DEL LABORATORIO

 <b>INGEOTECON</b> <small>GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS</small>	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)</b>	Código del formato base: FOR-SIO-01.00
		Código del documento: REG-OPF-02.00

Proyecto : 'APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020'

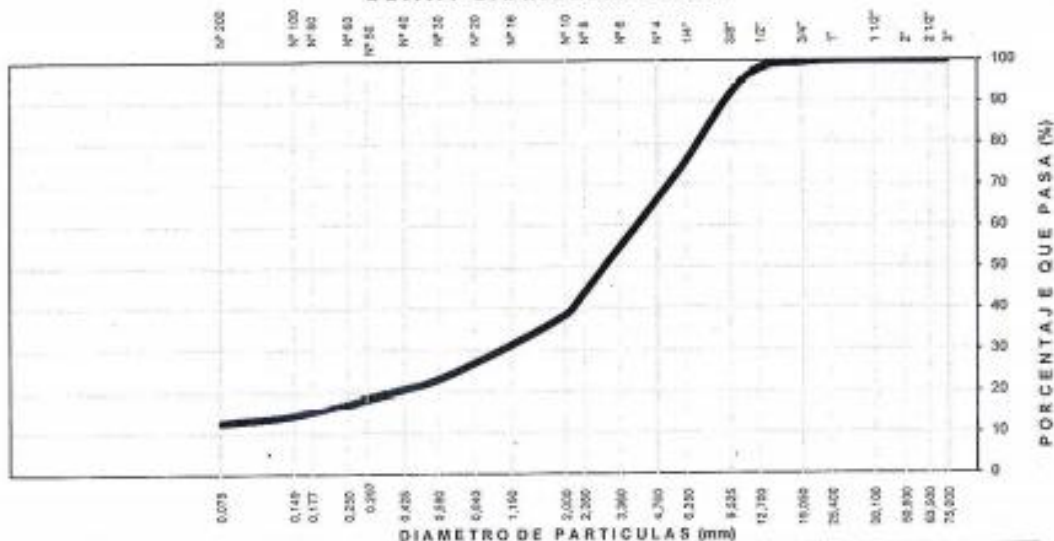
Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
 Exploración : KM 0+500  
 Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Distrito : PACUCHA  
 Lugar : AV. LA CULTURA  
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO		
								ENSAYOS ESTÁNDAR	
	3"	75.000	-	-	-	100.00		Peso seco inicial (gr)	5718.4
	2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00		Peso seco lavado (gr)	5003.8
	2"	50.800	-	-	-	100.00		Pérdida por lavado (gr)	714.6
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00		Humedad (%)	4.05
	1"	25.400	-	-	-	100.00		% Grava	33.5
	3/4"	19.000	26.00	0.45	0.45	99.55		% Grava gruesa	0.5
	1/2"	12.700	67.60	1.18	1.64	98.36		% Grava fina	33.1
	3/8"	9.500	370.80	6.48	8.12	91.88		% Arena	54.0
	1/4"	6.350	891.80	15.60	23.72	76.28		% Arena gruesa	27.9
	Nº 4	4.750	559.80	9.79	33.51	66.49		% Arena media	17.9
	Nº 8	2.360	1,312.60	22.95	56.46	43.54		% Arena fina	8.1
	Nº 10	2.000	285.20	4.99	61.45	38.55		% de Finos	12.5
	Nº 16	1.100	474.80	8.30	69.75	30.25		D <sub>10</sub> = D <sub>(25%)</sub> =	0.0600
	Nº 30	0.590	417.40	7.30	77.05	22.95		D <sub>30</sub> =	1.0826
	Nº 40	0.425	133.20	2.33	79.38	20.62		D <sub>40</sub> =	4.0810
	Nº 50	0.297	121.80	2.13	81.51	18.49		Cu =	-
	Nº 100	0.149	239.80	4.19	85.70	14.30		Cc =	-
	Nº 200	0.075	103.00	1.80	87.50	12.50			
	Lavado		714.6	12.50	100.00			CLASIFICACIÓN	
	TOTAL		5718.4	100.0				AASHTO	A-2-6 (0)
								Clasificación SUCS	SC

**ARENA ARCILLOSA CON GRAVA**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOC.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**

JOSEER JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. Nº 174607  
 JEFE DEL LABORATORIO

	<b>COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (MTC E 115)</b>	Código formato base: FOR-SIG-01.00
		Código del documento REG-CPE-35.00

Proyecto : \*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020\*

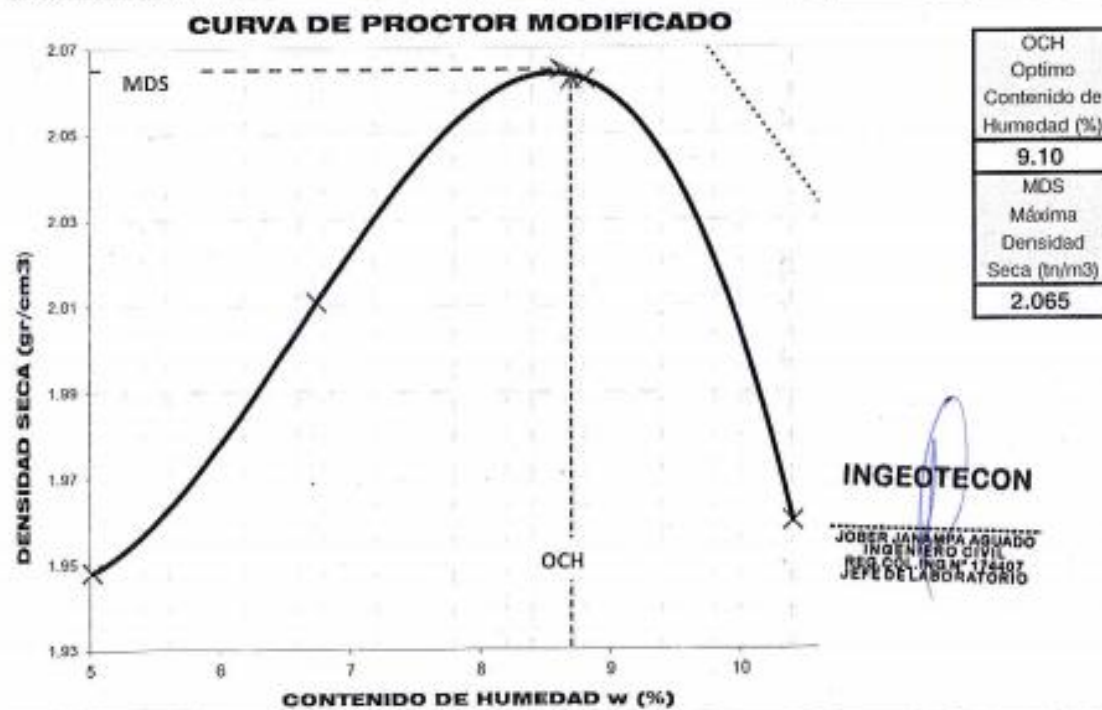
Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
 Exploración : KM 0+500  
 Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Distrito : PACUCHA  
 Lugar : AV. LA CULTURA  
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	METODO B	
Clasificación AASHTO :	A-2-6 (0)	Capas : 5.00	Golpes/Capa 25
% Retenido acumulado malla N° 4 :	33.5	Material Pasante a usar	PASA 3/8
% Retenido acumulado malla 3/8" :	6.1	Molde (Pulg)	4 Código M4
% Retenido acumulado malla 3/4" :	0.5	Peso Molde (gr) :	4105.00 Vol.(cm3) : 939.81

ENSAYO DE COMPACTACIÓN					
Determinación N°		01	02	03	04
Peso del molde y muestra	gr	6,035	6,130	6,222	6,146
Peso de la muestra compactada	gr	1,930.0	2,025.0	2,117.0	2,041.0
Densidad húmeda	gr/cc	2.05	2.15	2.25	2.17
Densidad seca	gr/cc	1.95	2.01	2.06	1.96

CONTENIDO DE HUMEDAD					
Tarro N°		327.0	331.0	341.0	154.0
Peso tarro + suelo húmedo	gr	725.70	729.40	657.70	715.90
Peso de tarro + suelo seco	gr	695.30	690.20	614.00	658.70
Peso del tarro	gr	134.000	141.600	139.200	129.490
Peso del agua	gr	30.40	39.20	43.70	57.20
Peso del suelo seco	gr	561.30	548.60	474.80	529.21
Contenido de humedad	%	5.42	7.15	9.20	10.81





Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Prov : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MARIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+500

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

<b>COMPACTACION DEL CBR</b>											
MOLDE Nº		28			30			32			
CAPAS Nº		5			5			5			
GOLPES POR CAPA		56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA		HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,350			12,320			12,040			
PESO DEL MOLDE	gr	7,567.00			7,684.00			7,613.00			
PESO SUELO HÚM.	gr	4,783.00			4,636.00			4,427.00			
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,112.66			2,116.40			2,093.31			
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.26			2.19			2.11			
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.07			2.00			1.94			
Contenido de Humedad		Humedad: Inicial		Humedad: final		Humedad: Inicial		Humedad: final		Humedad: Inicial	Humedad: final
TARRO Nº	Nro.	154	322	347	154	322	337	154	322	126	
TARRO + SUELO HÚM.	gr	597.4	764.0	635.2	597.4	764.0	604.1	597.4	764.0	674.0	
TARRO + SUELO SECO	gr	557.5	729.2	594.5	557.5	729.2	635.7	557.5	729.2	625.7	
PESO DEL TARRO	gr	129.49	133.35	133.31	129.49	133.35	136.50	129.49	133.35	136.50	
% DE HUMEDAD	%	9.32	9.20	9.46	9.32	9.20	9.70	9.32	9.20	9.86	
HUMEDAD	%	9.26		9.46	9.26		9.70	9.26		9.86	
ABSORCIÓN	%	0.20			0.44			0.60			
<b>EXPANSIÓN</b>											
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN			
		mm	%		mm	%		mm	%		
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%		
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%		
<b>PENETRACIÓN</b>											
PENETRACIÓN (mm) (g/g)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE			
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0.630	0.025	0.23	0.23	0.12	0.82	0.82	0.42	0.93	0.93	0.48	
1.270	0.050	0.59	0.59	0.30	2.38	2.38	1.23	2.45	2.45	1.27	
1.900	0.075	1.13	1.13	0.58	4.29	4.29	2.22	4.01	4.01	2.07	
2.540	0.100	6.9	2.18	2.18	1.13	6.00	6.00	3.10	5.30	5.30	2.74
3.170	0.125		3.72	3.72	1.92	7.50	7.50	3.88	6.45	6.45	3.33
3.810	0.150		5.71	5.71	2.95	8.90	8.90	4.60	7.57	7.57	3.91
4.445	0.175		7.94	7.94	4.11	10.20	10.20	5.27	8.54	8.54	4.41
5.080	0.200	10.35	10.29	10.29	5.32	11.32	11.32	5.85	9.45	9.45	4.89
7.620	0.300		19.74	19.74	10.20	15.45	15.45	7.98	12.52	12.52	6.47

**INGEOTECON**  
  
**JOBER JANAMPA AGUADO**  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 72407  
 JEFE DEL LABORATORIO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

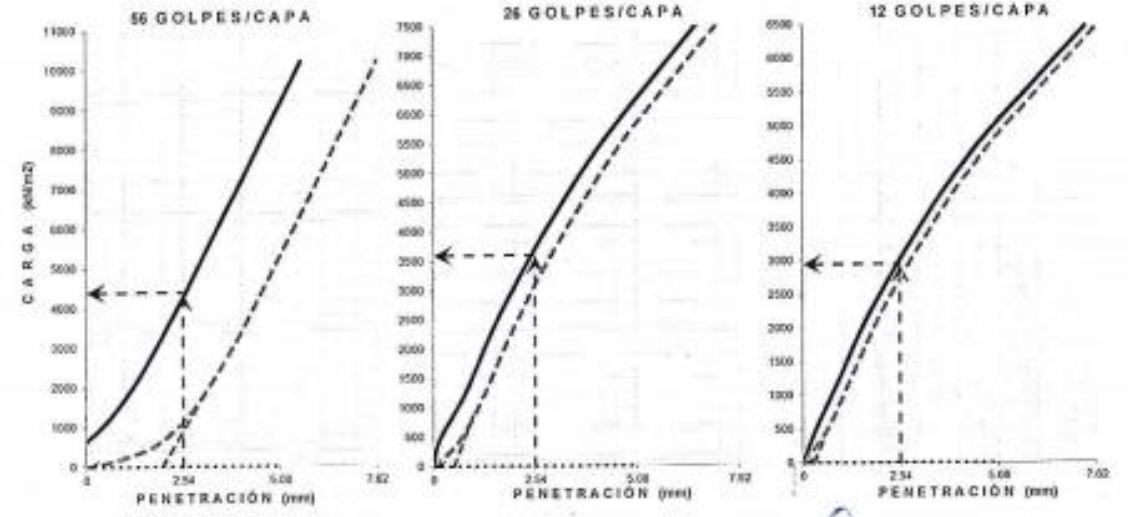
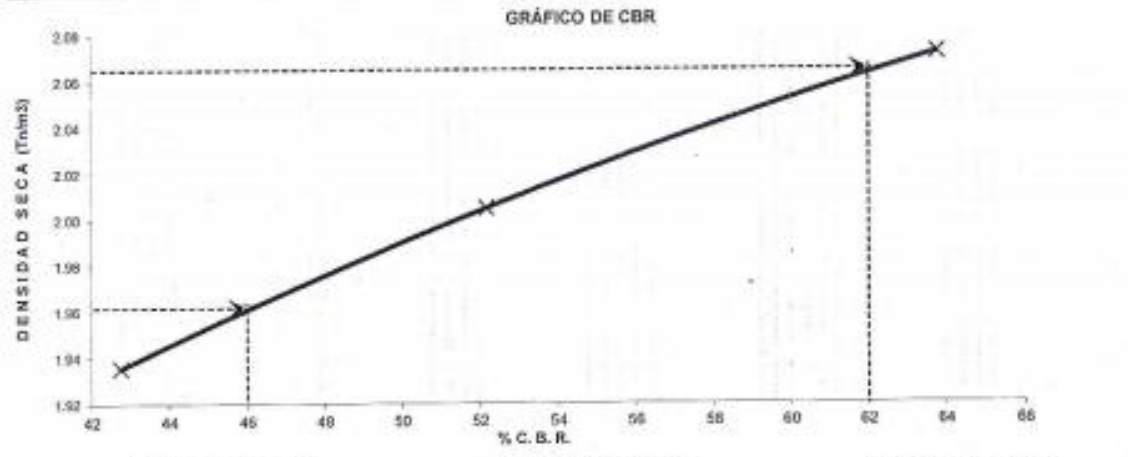
Código formato base	FCR-SIG-01.00
Código del documento	REG-CPE-00.00
Página	2 de 2

**Proyecto :** "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

<b>Trazabilidad :</b> INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON	<b>Región/Provinc. :</b> APURIMAC / ANDAHUAYLAS
<b>Solicitante :</b> JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA	<b>Distrito :</b> PACUCHA
<b>Exploración :</b> KM 0+500	<b>Lugar :</b> AV. LA CULTURA
<b>Estrato/Nivel :</b> SUB RASANTE	<b>Fecha :</b> DICIEMBRE DEL 2020

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	SC ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	AASHTO :	A-2-6 (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	2.07	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	9.10
% Grava =	33.5	% Arena =	54.0
% Fines =	12.5	LL % =	33.0%
IP % =	-	LP % =	20.0%
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0
IP % =	13.1%		

RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)			
CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	62.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =	46.0
CBR AL 90% MDS =	-		



**INGEOTECON**

JOSE JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CO. ING. N° 274287  
 JEFE DEL LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB NASANTE EN LA AVENIDAD LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provi: APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+590

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.30/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	11			12			1			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	5C			2C			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,311			12,406			12,536		
PESO DEL MOLDE	gr	7,577.00			7,811.00			8,178.00		
PESO SUELO HÚM.	gr	4,734.00			4,595.00			4,358.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,089.34			2,110.84			2,118.70		
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.27			2.18			2.06		
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.07			1.99			1.88		
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO Nº	Nro.	338	329	267	338	329	250	338	329	310
TARRO + SUELO HÚM.	gr	644.5	722.4	669.4	644.5	722.4	695.4	644.5	722.4	816.1
TARRO + SUELO SECO	gr	600.6	671.4	610.7	600.6	671.4	626.6	600.6	671.4	725.2
PESO DEL TARRO	gr	140.30	132.12	85.60	140.30	132.12	95.54	140.30	132.12	85.49
% DE HUMEDAD	%	8.54	9.46	11.18	8.54	9.46	12.55	9.54	9.46	13.78
HUMEDAD	%	9.50		11.18	9.50		12.55	9.50		13.78
ABSORCIÓN	%	1.68			3.06			4.28		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		1.58	1.58	0.81	1.47	1.47	0.76	1.34	1.34	0.69
1.270	0.050		4.72	4.72	2.44	4.20	4.20	2.17	3.61	3.61	1.88
1.900	0.075		8.28	8.26	4.27	6.93	6.93	3.58	5.47	5.47	2.82
2.540	0.100	6.9	11.39	11.39	5.89	9.32	9.32	4.82	7.06	7.06	3.65
3.170	0.125		14.13	14.13	7.30	11.34	11.34	5.85	8.33	8.33	4.30
3.810	0.150		16.76	16.76	8.66	12.77	12.77	6.60	9.04	9.04	4.67
4.445	0.175		19.26	19.26	9.95	14.65	14.65	7.57	10.32	10.32	5.34
5.080	0.200	10.35	21.53	21.53	11.13	16.16	16.16	8.35	11.11	11.11	5.74
5.720	0.300		30.01	30.01	15.51	21.69	21.69	11.21	13.80	13.80	7.13

**INGEOTECON**  
JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174107  
JEFE DEL LABORATORIO

Proyecto : 'APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020'

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01, INGEOTECON  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
 Exploración : KM 0+500  
 Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 l/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1% MDS)

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Distrito : PACUCHA  
 Lugar : AV. LA CULTURA  
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

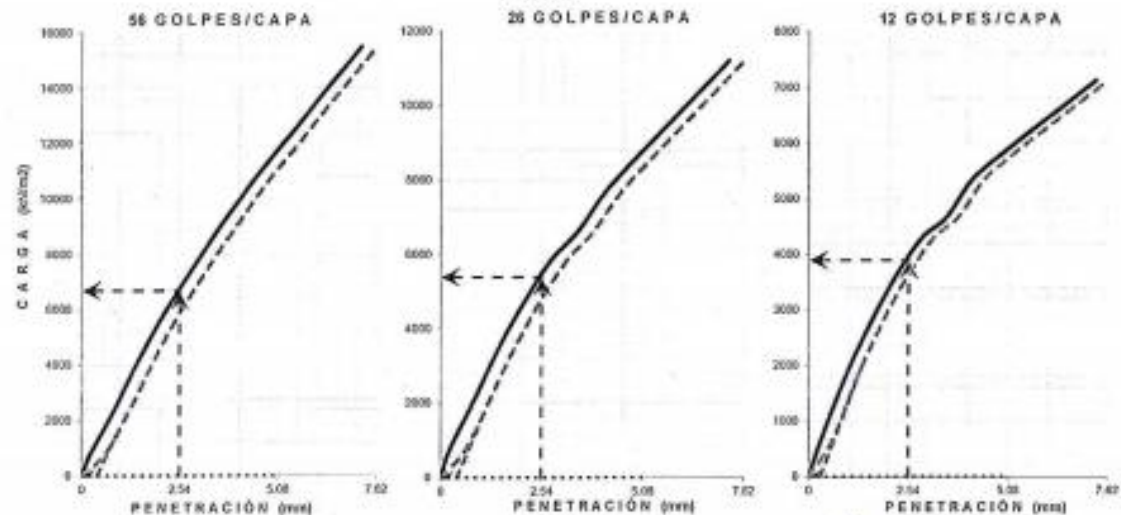
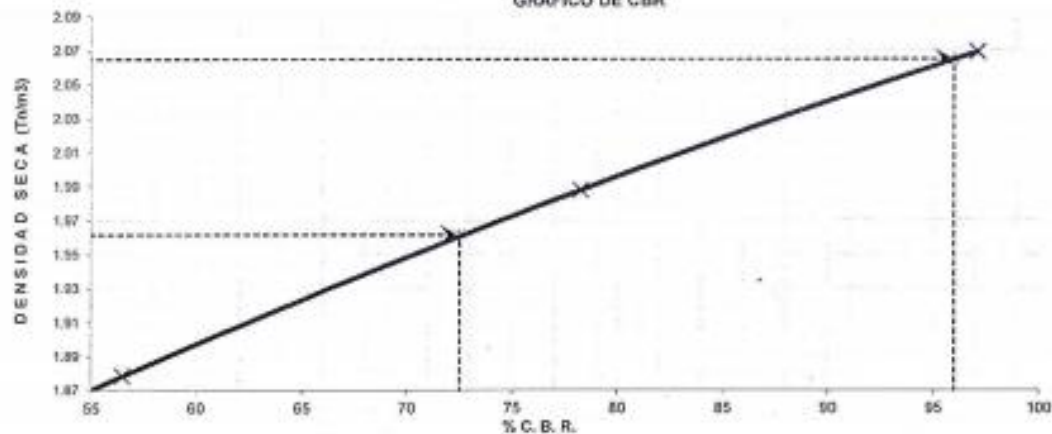
**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	AASHTO :	A-2-6 (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	2.07	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	9.10	
% Grava =	33.5	% Arena =	54.0	% Finos = 12.5
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 13.1%
		LL % =	33.0%	LP % = 20.0%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (01° DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	96.0	CBR AL 90% DE LA MDS (0.1") =	72.5	CBR AL 80% MDS =	...
-----------------------------	------	-------------------------------	------	------------------	-----

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUIADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. INGN.° 174487  
 JEFE DE LABORATORIO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:  
FCR-SIG-01.00  
Código del documento:  
REG-OPF-50.00  
Página 1 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 601-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provi : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+500

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 l/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1.5% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR											
MOLDE Nº	19			30			41				
CAPAS Nº	5			5			5				
GOLPES POR CAPA	5G			26			12				
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO				
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,617		12,285		11,976					
PESO DEL MOLDE	gr	7,833.00		7,684.00		7,642.00					
PESO SUELO HÚM.	gr	4,784.00		4,601.00		4,334.00					
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,113.14		2,116.40		2,101.14					
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.28		2.17		2.06					
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.07		1.99		1.88					
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final			
TARRO Nº	Nro.	325	35G	349	325	35G	330	325	35G	318	
TARRO + SUELO HÚM.	gr	724.7	640.7	711.1	724.7	640.7	701.4	724.7	640.7	643.9	
TARRO + SUELO SECO	gr	673.9	593.2	647.4	673.9	593.2	639.4	673.9	593.2	575.5	
PESO DEL TARRO	gr	138.09	87.97	66.99	138.09	87.97	131.62	138.09	87.97	66.21	
% DE HUMEDAD	%	9.48	9.40	10.98	9.48	9.40	12.21	9.48	9.40	13.43	
HUMEDAD	%	9.44		10.98		9.44		12.21		13.43	
ABSORCIÓN	%	1.53		2.77		3.99					

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		0.58	0.58	0.30	2.65	2.65	1.37	3.38	3.38	1.75
1.270	0.050		2.42	2.42	1.25	6.92	6.92	3.58	7.93	7.93	4.10
1.900	0.075		5.79	5.79	2.99	10.76	10.76	5.58	10.32	10.32	5.33
2.540	0.100	6.9	10.35	10.35	5.35	13.28	13.28	6.87	12.15	12.15	6.28
3.170	0.125		14.08	14.08	7.26	14.95	14.95	7.73	13.67	13.67	7.08
3.810	0.150		16.48	16.48	8.51	16.52	16.52	8.54	15.11	15.11	7.81
4.445	0.175		25.09	25.09	12.97	17.39	17.39	8.99	16.31	16.31	8.43
5.080	0.200	10.35	33.18	33.18	17.15	18.58	18.58	9.59	17.40	17.40	8.99
7.620	0.300		40.22	40.22	20.79	22.61	22.61	11.69	21.20	21.20	10.96

**INGEOTECON**

JOBER JANGMRA AGUIADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. IND. Nº 174407  
JEFE DEL ANO SAYANIS



**CBR DE SUELOS - LABORATORIO  
(MTC E 132)**

Código formato base:  
FCR-SIG-01.00  
Código del documento:  
REG-CPC-50.00  
Página 2 de 2

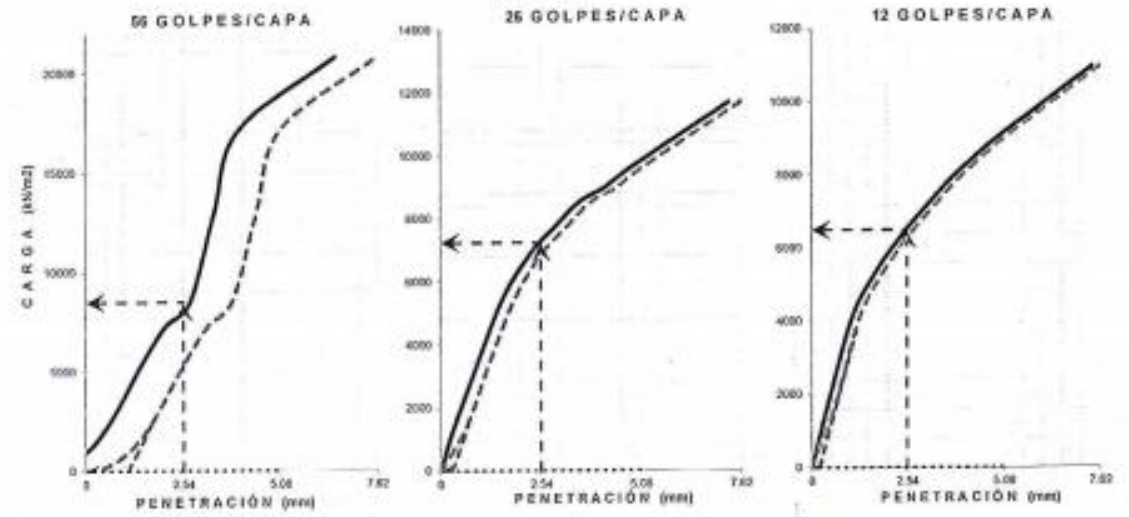
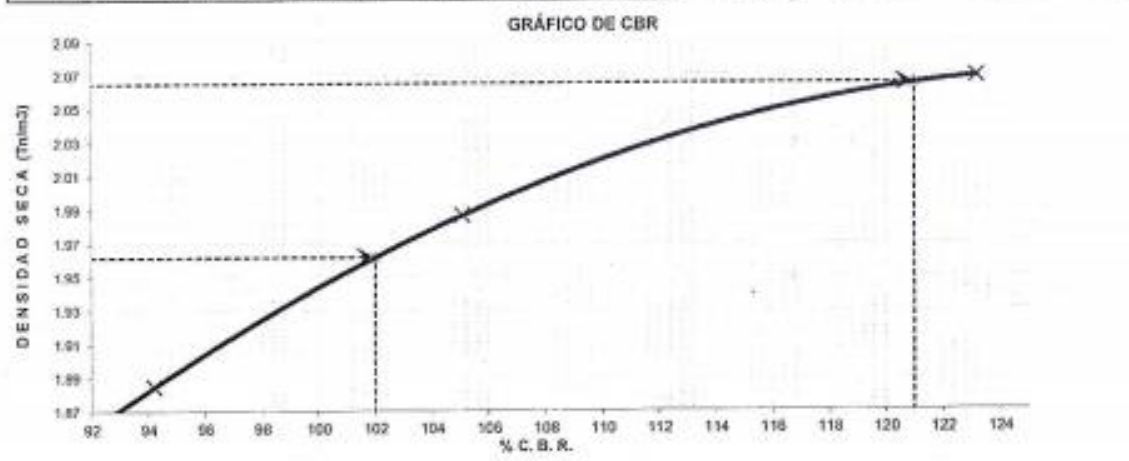
Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
Solicitante : JOSMELL FRANK MARIQUE REYNAGA  
Exploración : KM 0+500  
Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1.5% MDS)

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
Distrito : PACUCHA  
Lugar : AV. LA CULTURA  
Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

DATOS DEL ENSAYO			
Clasificación SUCS :	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	AASHTO : A-2-6 (0)
Máxima Densidad Seca MDS (tn/m <sup>3</sup> ) :	2.07	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	8.10
% Grava =	33.5	% Arena =	54.0
		% Finos =	12.5
		LL % =	33.0%
		LP % =	20.0%
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0
		IP % =	13.1%

RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)		
CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	121.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 102.0
		CBR AL 80% MDS = -.-



**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
RPS COL 1001 / 74107  
JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provi: APURIMAC / ANDAHUYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+500

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (2% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

**COMPACTACION DEL CBR**

MOLDE Nº	53	20	2							
CAPAS Nº	5	5	5							
GOLPES POR CAPA	56	26	12							
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO	HUMEDO	HUMEDO							
PESO MOLDE + S. HÚM. gr	12,354	12,523	12,206							
PESO DEL MOLDE gr	7,842.00	7,884.00	7,845.00							
PESO SUELO HÚM. gr	4,712.00	4,539.00	4,363.00							
VOLUMEN DEL MOLDE cm <sup>3</sup>	2,078.14	2,088.70	2,090.67							
DENSIDAD HÚMEDA gr/cm <sup>3</sup>	2.27	2.18	2.09							
DENSIDAD SECA gr/cm <sup>3</sup>	2.07	1.99	1.91							
Contenido de Humedad	Humedad: inicial	final	Humedad: inicial	final	Humedad: inicial	final				
TARRO Nº	Nro.	324	323	272	324	323	300	324	323	311
TARRO+SUELO HÚM. gr	706.2	830.0	720.3	706.2	830.0	671.1	706.2	830.0	679.9	
TARRO+SUELO SECO gr	657.3	770.7	661.4	657.3	770.7	604.3	657.3	770.7	610.3	
PESO DEL TARRO gr	129.18	136.78	81.00	129.18	136.78	23.52	129.18	136.78	67.83	
% DE HUMEDAD %	9.26	9.35	10.15	9.26	9.35	11.50	9.26	9.35	12.63	
HUMEDAD %	9.31	10.15	9.31	11.50	9.31	12.83				
ABSORCIÓN %	0.84	2.19	3.52							

**EXPANSIÓN**

DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (mm) (p/g)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	0.47	0.47	0.24	1.08	1.08	0.56	1.37	1.37	0.71
1.270	0.050	2.64	2.64	1.36	5.90	5.90	3.05	7.39	7.39	3.82
1.900	0.075	7.68	7.68	3.97	12.19	12.19	6.30	12.91	12.91	6.67
2.540	0.100	15.56	15.56	8.04	19.01	19.01	9.83	16.36	16.36	8.45
3.170	0.125	23.82	23.82	12.31	25.07	25.07	12.86	18.96	18.96	9.80
3.810	0.150	31.64	31.64	16.35	31.00	31.00	16.02	21.14	21.14	10.93
4.445	0.175	39.34	39.34	20.33	36.70	36.70	18.97	23.07	23.07	11.92
5.080	0.200	46.63	46.63	24.10	42.01	42.01	21.71	24.71	24.71	12.77
7.620	0.300	71.25	71.25	36.82	59.72	59.72	30.86	29.89	29.89	15.45

**INGEOTECON**

JOSÉ JUAN AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
MTC COL. INGEN. 17112  
JEFE DE LABORATORIO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base:  
FCR-02-01.00  
Código del documento:  
REG-0PE-00.00  
Página 2 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-Y-T-01/INGEOTECÓN

Región/Provincia : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+500

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : ACEITE SULFONADO (0.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (2% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

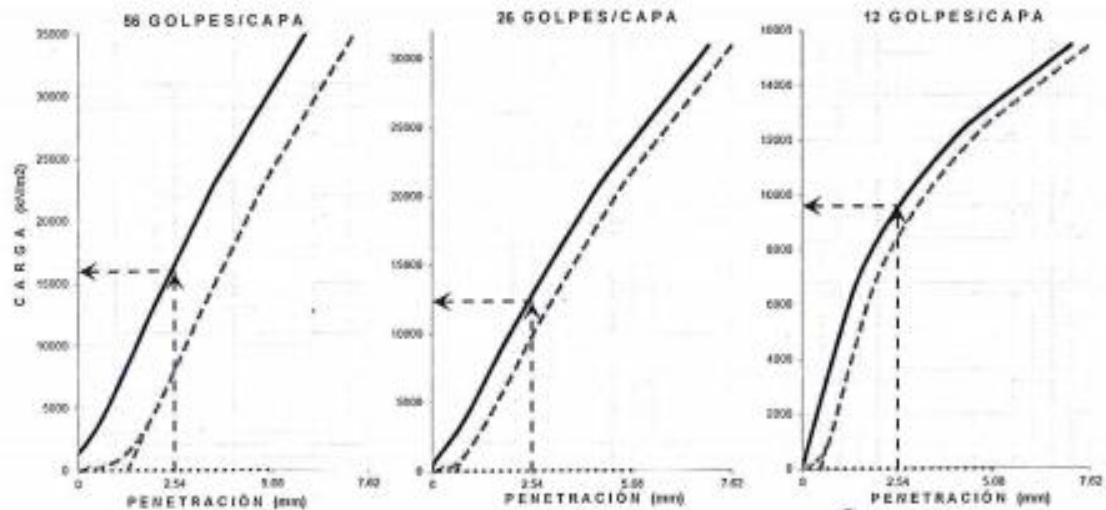
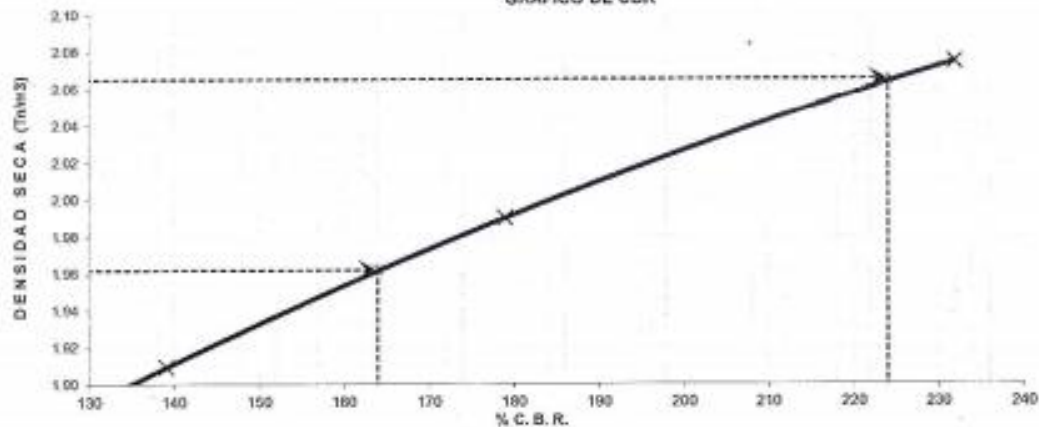
### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	SC	ARENA ARCILLOSA CON GRAVA	AASHTO :	A-2-6 (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	2.07	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	8.10	
% Grava =	33.5	% Arena =	54.0	% Finos = 12.5
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 13.1%
		LL % =	33.0%	LP % = 20.0%

### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 224.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 164.0	CBR AL 90% MDS = -.-
-----------------------------------	-------------------------------------	----------------------

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECÓN**

JOBER JANSIPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N.º 174407  
JEFE DEL AREA 4-72514



**ANEXO 3**  
**PROG. 0+750**

**INGEOTECON**

JOSE LUIS RAMA AGUIADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO

	<b>LIMITES DE PLASTICIDAD DE LOS SUELOS (PASANTE LA MALLA N° 40)</b>	Código del formato base:
		FOR-503-01.00
		Código del documento:
		REG-09C-10.00

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provincia : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato / Nivel : SUB RASANTE

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

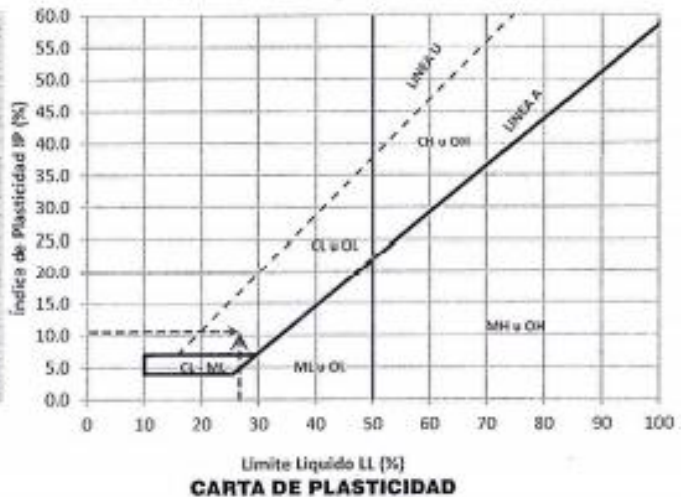
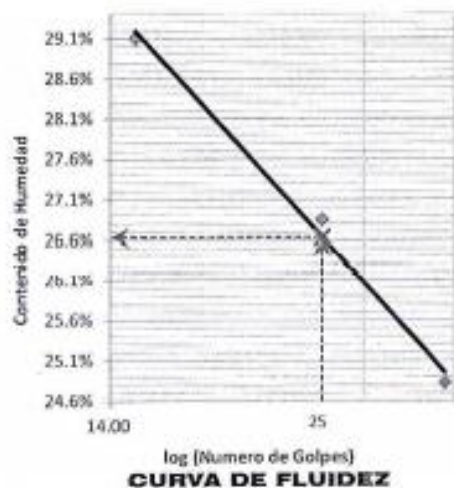
### DETERMINACIÓN DEL LIMITE PLÁSTICO DE LOS SUELOS (MTC E 111)

	RECIPIENTE	Nº	304	295		
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	28.813	26.498		
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	26.363	26.101		
3	PESO RECIPIENTE	gr	23.541	23.638		
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	0.45	0.40		
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	2.62	2.48		
6	HUMEDAD	%	15.95%	16.12%		
<b>LIMITE PLÁSTICO</b>			<b>%</b>		<b>16.0%</b>	

### DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS (MTC E 110)

	RECIPIENTE	Nº	PROCEDIMIENTO DE MULTIPUNTO			UNIPUNTO
			235	240	157	
1	PESO SUELO HUMEDO+RECIPIENTE	gr	32.237	34.508	31.558	
2	PESO SUELO SECO+RECIPIENTE	gr	26.401	30.159	27.620	
3	PESO RECIPIENTE	gr	13.350	13.981	14.089	
4	PESO AGUA (1)-(2)	gr	3.756	4.349	3.938	
5	PESO SECO (2)-(4)	gr	15.132	16.188	13.531	
6	HUMEDAD	%	24.82%	26.85%	29.10%	
7	NUMERO DE GOLPES	Nº	35	25	15	
<b>LIMITE LIQUIDO</b>			<b>%</b>		<b>26.6%</b>	

**INDICE PLÁSTICO (%) IP=LL-LP= 10.8%**



**INGEOTECON**

JOBER JAHAMPA AGUIAR  
INGENIERO CIVIL  
REG. CO. ING. Nº 17347  
JEFE DE LABORATORIO

 <b>INGEOTECON</b> GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS	<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO POR TAMIZADO (MTC E 107)</b>	Código del formato base FOR-SIG-01-00
		Código del documento REG-0PE-12-00

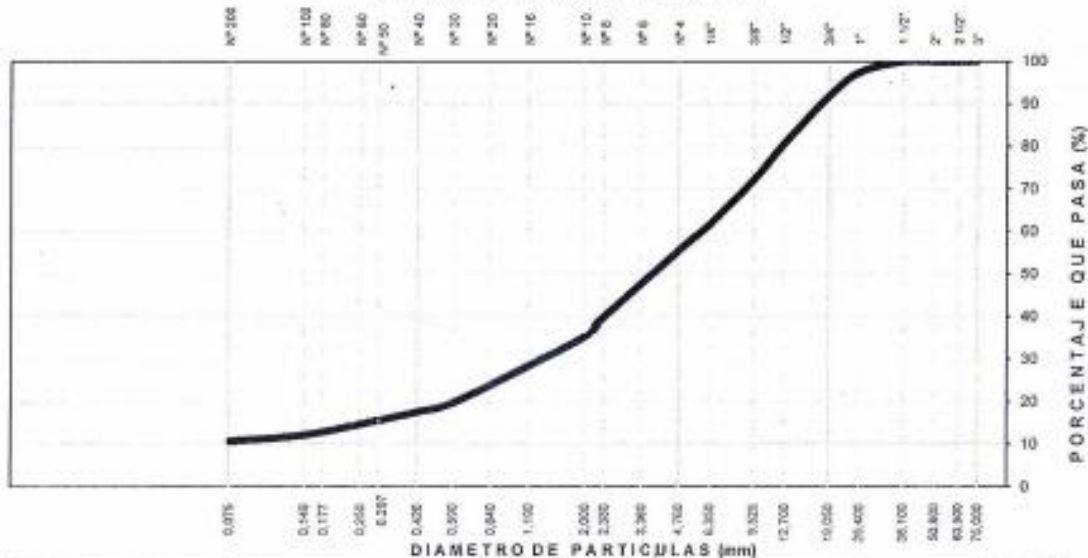
Proyecto : \*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDAD LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020\*  
 Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-Y-T-01/INGEOTECON  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MARRIQUE REYNAGA  
 Exploración : KM 0+750  
 Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Distrito : PACUCHA  
 Lugar : AV. LA CULTURA  
 Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	TAMIZ ASTM	Abertura (mm)	PESO (gr) RETENIDO	% RETEN PARCIAL	% RETEN ACUMULADO	% QUE PASA	DATOS DEL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO	
		3"	75.000	-	-	-	100.00	ENSAYOS ESTÁNDAR
	2 1/2"	63.500	-	-	-	100.00	Peso seco inicial (gr)	2692.5
	2"	50.800	-	-	-	100.00	Peso seco lavado (gr)	2403.9
	1 1/2"	38.100	-	-	-	100.00	Pérdida por lavado (gr)	288.6
	1"	25.400	67.00	2.49	2.49	97.51	Humedad (%)	3.51
	3/4"	19.000	156.40	5.81	8.30	91.70	% Grava	44.5
	1/2"	12.700	293.10	10.89	19.18	89.82	% Grava gruesa	8.3
	3/8"	9.500	236.80	8.79	27.96	72.02	% Grava fina	36.2
	1/4"	6.350	279.10	10.37	38.34	61.66	% Arena	44.8
	Nº 4	4.750	164.80	6.12	44.46	55.54	% Arena gruesa	20.2
	Nº 8	2.360	424.50	15.77	60.23	39.77	% Arena media	17.8
	Nº 10	2.000	119.20	4.43	64.66	35.34	% Arena fina	6.9
	Nº 16	1.100	213.90	7.94	72.60	27.40	% de Finos	10.7
	Nº 30	0.590	207.60	7.71	80.31	19.69	$D_{15} - D_{50(mg)} =$	0.0700
	Nº 40	0.425	57.00	2.12	82.43	17.57	$D_{30(mg)} =$	1.3947
	Nº 50	0.297	51.60	1.92	84.35	15.65	$D_{60(mg)} =$	5.9197
	Nº 100	0.149	93.30	3.47	87.81	12.19	Cu =	84.60
	Nº 200	0.075	39.60	1.47	89.28	10.72	Cc =	4.70
	Lavado		288.6	10.72	100.00		CLASIFICACIÓN	
	TOTAL		2692.5	100.0			AASHTO	A-2-6 (0)
							Clasificación SUCS	SP-SC

**ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRAVA**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



LIMO Y ARCILLA	ARENA			GRAVA		BOLON. /BLOQ.
	FINA	MEDIA	GRUESA	FINA	GRUESA	

**INGEOTECON**

JOSE JARAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. Nº 174107  
 JEFE DE LABORATORIO



**COMPACTACION DE  
SUELOS EN  
LABORATORIO  
UTILIZANDO UNA  
ENERGIA MODIFICADA  
(MTC E 115)**

Código formato base:

FOR-SIG-01.00

Código del documento

REG-OPE-35.00

Proyecto : \*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020\*

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	SP-SC ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRA\	METODO C
Clasificación AASHTO :	A-2-6 (0)	Capas : 5.00 Golpes/Capa 56
% Retenido acumulado malla N° 4 :	44.5 Material Pasante a usar PASA 3/4	*
% Retenido acumulado malla 3/8 :	28.0 Molde (Pulg) 6	Código M I
% Retenido acumulado malla 3/4 :	8.3 Peso Molde (gr) : 5947.00	Vol.(cm3) : 2111.48

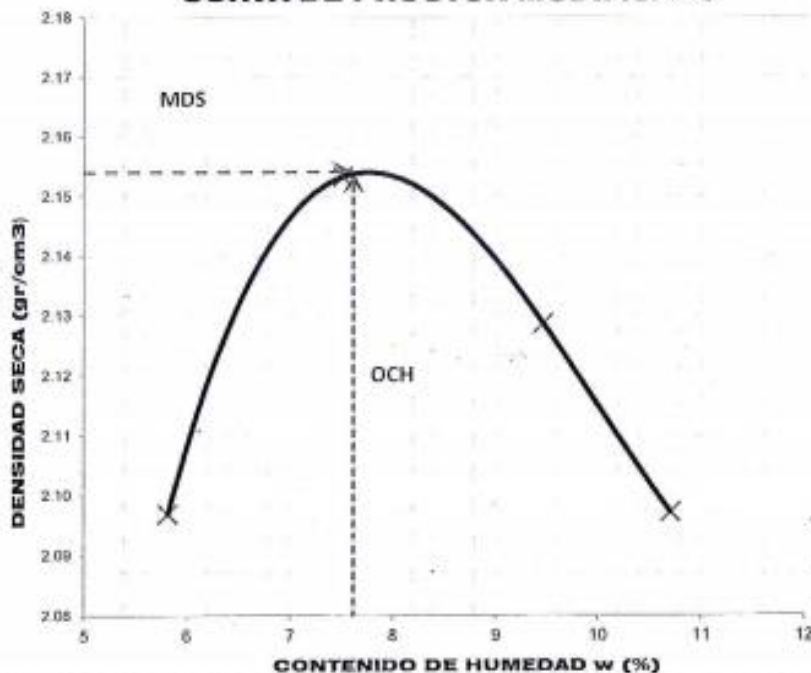
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

Determinación N°	01	02	03	04
Peso del molde y muestra gr	10,632	10,835	10,867	10,849
Peso de la muestra compactada gr	4,685.0	4,888.0	4,920.0	4,902.0
Densidad húmeda gr/cc	2.22	2.31	2.33	2.32
Densidad seca gr/cc	2.10	2.15	2.13	2.10

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Tarro N°	327.0	351.0	345.0	329.0
Peso tarro + suelo húmedo gr	832.60	779.60	815.70	850.80
Peso de tarro + suelo seco gr	794.20	734.30	757.20	781.30
Peso del tarro gr	134.000	131.460	139.200	132.120
Peso del agua gr	38.40	45.30	58.50	69.50
Peso del suelo seco gr	660.20	602.84	618.00	649.18
Contenido de humedad %	5.82	7.51	9.47	10.71


**CURVA DE PROCTOR MODIFICADO**



OCH
Óptimo
Contenido de
Humedad (%)
<b>7.62</b>
MDS
Máxima
Densidad
Seca (tr/m3)
<b>2.154</b>

**INGEOTECON**

JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174897  
JEFE DE LABORATORIO

 <b>INGEOTECON</b> <small>GEOTECNIA, CONCRETO Y PAVIMENTOS</small>	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base FOR-SIG-01.00
		Código del documento REG-CPE-50.00
		Página 1 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON      Región/Provi : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
 Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA      Distrito : PACUCHA  
 Exploración : KM 0+750      Lugar : AV. LA CULTURA  
 Estrato/Nivel : SUB RASANTE      Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR													
MOLDE Nº	12			14			15						
CAPAS Nº	5			5			5						
GOLPES POR CAPA	56			26			12						
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO						
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,705		12,705		12,202							
PESO DEL MOLDE	gr	7,811.00		8,073.00		7,663.00							
PESO SUELO HÚM.	gr	4,894.00		4,712.00		4,539.00							
VOLUMEN DEL MOLDE	cm3	2,110.84		2,110.48		2,114.15							
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm3	2.32		2.23		2.15							
DENSIDAD SECA	gr/cm3	2.15		2.07		1.99							
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final	
TARRO Nº	Nro.	123	138	322	123	138	341	123	138	325			
TARRO + SUELO HÚM.	gr	671.7	570.4	796.9	671.7	570.4	669.5	671.7	570.4	674.1			
TARRO + SUELO SECO	gr	626.3	534.8	744.0	626.3	534.8	624.7	626.3	534.8	607.5			
PESO DEL TARRO	gr	65.42	62.23	133.35	65.42	62.23	134.19	65.42	62.23	138.08			
% DE HUMEDAD	%	7.71	7.53	8.68	7.71	7.53	9.39	7.71	7.53	9.98			
HUMEDAD	%	7.62		8.66		7.62		9.39		7.62		9.96	
ABSORCIÓN	%	1.04				1.77				2.34			

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		2.15	2.15	1.11	2.04	2.04	1.05	1.91	1.91	0.99
1.270	0.050		4.34	4.34	2.24	4.15	4.15	2.14	2.90	2.90	1.50
1.900	0.075		6.63	6.63	3.43	5.94	5.94	3.07	3.57	3.57	1.84
2.540	0.100	6.9	9.00	9.00	4.65	7.44	7.44	3.84	4.18	4.18	2.16
3.170	0.125		11.29	11.29	5.83	8.66	8.66	4.48	4.74	4.74	2.45
3.810	0.150		13.55	13.55	7.00	9.80	9.80	5.08	5.21	5.21	2.69
4.445	0.175		15.70	15.70	8.11	10.73	10.73	5.55	5.66	5.66	2.92
5.080	0.200	10.35	17.63	17.63	9.11	11.63	11.63	6.01	6.05	6.05	3.13
7.620	0.300		24.79	24.79	12.81	14.75	14.75	7.62	7.50	7.50	3.88

  
**INGEOTECON**  
 JOSE LINDORFA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CO. ING. N° 17407  
 JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDAD LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON  
Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA  
Exploración : KM 0+750  
Estrato/Nivel : SUB RASANTE

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS  
Distrito : PACUCHA  
Lugar : AV. LA CULTURA  
Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

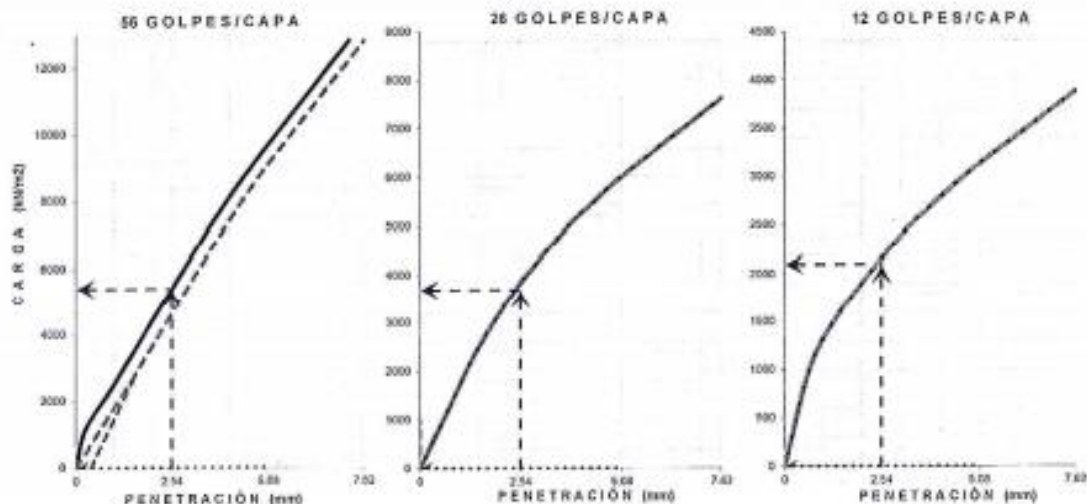
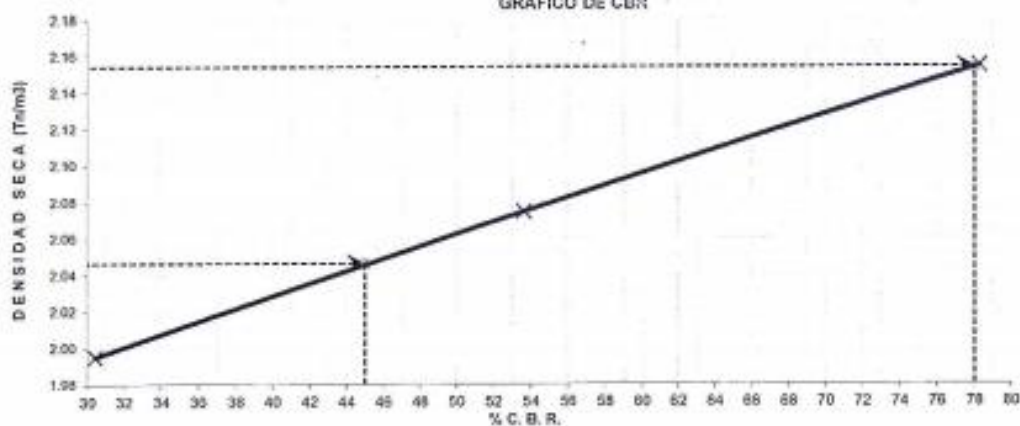
**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS :	SP-SC	ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRAVA	AASHTO :	A-2-B (0)
Máxima Densidad Seca MDS (t/m <sup>3</sup> ) :	2.15	Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	7.62	
% Grava =	44.5	% Arena =	44.8	% Finos = 10.7
				LL % = 28.8%
				LP % = 16.0%
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 10.6%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1") =	78.0	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") =	45.0	CBR AL 90% MDS =	-
-----------------------------	------	-------------------------------	------	------------------	---

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOSER JANAMPA ABUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. N° 174401  
JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 091-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Prov : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MARIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Dosis : ACEITE SULFONADO (0.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	1G			7			37			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,269		12,446		12,162				
PESO DEL MOLDE	gr	7,332.00		7,749.00		7,660.00				
PESO SUELO HÚM.	gr	4,937.00		4,697.00		4,502.00				
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,126.66		2,103.42		2,098.66				
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.32		2.23		2.14				
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.15		2.07		1.99				
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final		Humedad: inicial		final		
TARRO Nº	Nro	44	333	347	44	333	359	44	333	333
TARRO+SUELO HÚM.	gr	643.1	551.6	913.9	643.1	551.6	1,032.2	643.1	551.6	916.6
TARRO+SUELO SECO	gr	603.6	521.4	862.4	603.6	521.4	906.3	603.6	521.4	853.4
PESO DEL TARRO	gr	98.79	128.00	133.31	98.79	128.00	131.16	98.79	128.00	128.00
% DE HUMEDAD	%	7.82	7.68	7.06	7.82	7.68	7.88	7.82	7.68	8.74
HUMEDAD	%	7.75		7.06	7.75		7.88	7.75		8.74
ABSORCIÓN	%	-0.69			0.13			0.99		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (plg)	Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE			
		Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	
0.000	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025	1.36	1.36	0.70	0.88	0.88	0.45	0.41	0.41	0.21	
1.270	0.050	3.63	3.63	1.88	3.47	3.47	1.79	3.34	3.34	1.73	
1.900	0.075	6.51	6.51	3.37	6.16	6.16	3.16	5.87	5.87	3.03	
2.540	0.100	6.9	9.21	4.76	8.62	8.62	4.45	8.12	8.12	4.20	
3.170	0.125	11.45	11.45	5.92	10.78	10.78	5.57	10.22	10.22	5.28	
3.810	0.150	13.50	13.50	6.98	12.72	12.72	6.57	12.07	12.07	6.24	
4.445	0.175	15.89	15.89	8.21	14.80	14.80	7.65	13.67	13.67	7.17	
5.080	0.200	10.35	16.62	9.62	16.94	16.94	8.75	15.44	15.44	7.98	
7.620	0.300		30.49	15.75	25.55	25.55	13.20	20.66	20.66	10.78	

**INGEOTECON**

JOSER JARAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174407  
JEFE DE LABORATORIO



## CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)

Código formato base  
FDR-SIS-01.00  
Código del documento  
REG-OPF-00.00  
Página 2 de 2

Proyecto : \*APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020\*

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Dosis : ACEITE SULFONADO (0.3 lt/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

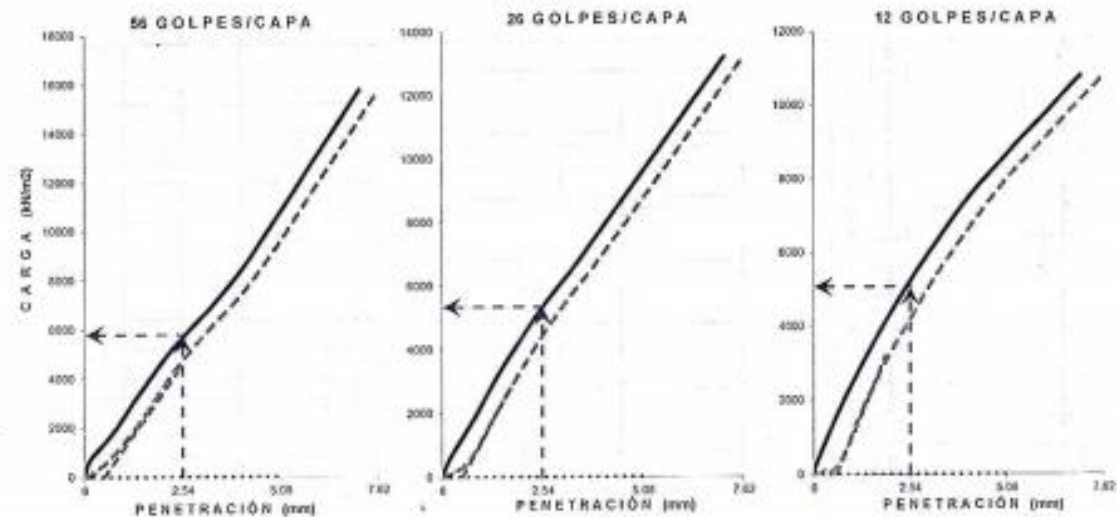
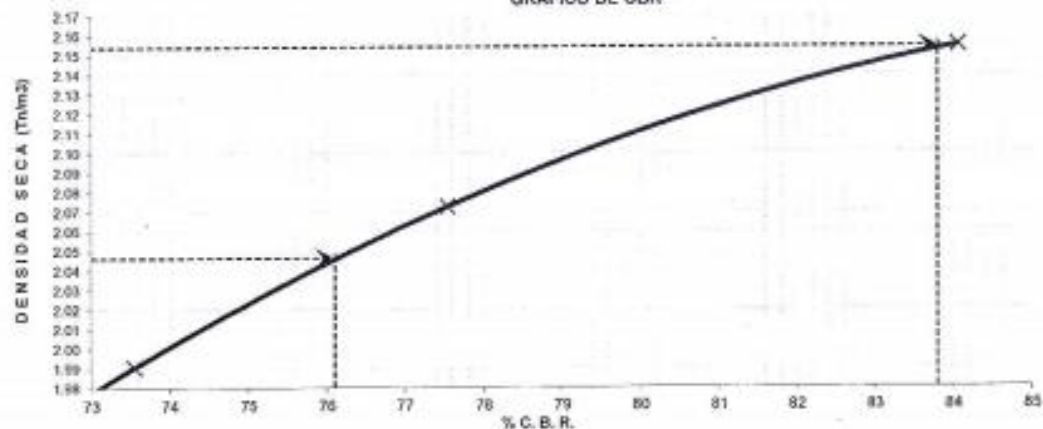
### DATOS DEL ENSAYO

Clasificación SUCS :	SP-SC	ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRAVA	AASHTO :	A-2-6 (0)
Máxima Densidad Seca MDS (lt/m <sup>3</sup> ) :	2.15		Óptimo Contenido de Humedad OCH % =	7.62
% Grava =	44.5	% Arena = 44.8	% Finos = 10.7	LL % = 26.6% LP % = 16.0%
Expansión % =	0.00%	Embebido (días) =	4.0	IP % = 10.6%

### RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1" DE PENETRACIÓN)

CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 83.8	CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 76.1	CBR AL 90% MDS = -,-
----------------------------------	------------------------------------	----------------------


GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOSEF JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 17487  
JEFE DE LABORATORIO



	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base:
		FOR-80-01.00
		Código del documento:
		REG-0PE-00.00
		Página 1 de 2

Proyecto : 'APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020'

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provi : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distribo : PACUCHA

Exploración : KM 6+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Dosis : ACEITE SULFONADO (0.3 N/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1.5% M05)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	7			20			34			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	5G			2G			1G			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE + S. HÚM.	gr	12,669			12,694			12,160		
PESO DEL MOLDE	gr	7,749.00			7,884.00			7,659.00		
PESO SUELO HÚM.	gr	4,820.00			4,710.00			4,501.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,103.42			2,088.70			2,112.18		
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.34			2.26			2.13		
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.17			2.09			1.97		
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO Nº	Nro.	32G	34G	34G	32G	34G	32G	32G	34G	34G
TARRO + SUELO HÚM.	gr	586.7	593.3	909.1	586.7	593.3	977.8	586.7	593.3	752.2
TARRO + SUELO SECO	gr	555.6	559.3	861.5	555.6	559.3	914.4	555.6	559.3	697.4
PESO DEL TARRO	gr	132.85	133.10	140.88	132.85	133.10	136.78	132.85	133.10	133.10
% DE HUMEDAD	%	7.83	7.98	6.60	7.83	7.98	8.15	7.83	7.98	9.71
HUMEDAD	%	7.90		6.60	7.90		8.15	7.90		9.71
ABSORCIÓN	%	-1.30			0.25			1.81		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (p/g)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerzo. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerzo. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerzo. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		3.22	3.22	1.66	3.05	3.05	1.58	2.58	2.58	1.33
1.270	0.050		6.81	6.81	3.52	7.10	7.10	3.67	6.72	6.72	3.47
1.900	0.075		11.14	11.14	5.76	11.63	11.63	6.01	11.01	11.01	5.69
2.540	0.100	6.9	15.92	15.92	8.23	16.08	16.08	8.31	14.70	14.70	7.60
3.170	0.125		20.97	20.97	10.84	20.20	20.20	10.44	17.51	17.51	9.05
3.810	0.150		26.34	26.34	13.61	24.32	24.32	12.57	19.88	19.88	10.33
4.445	0.175		31.72	31.72	16.39	28.23	28.23	14.59	22.06	22.06	11.40
5.080	0.200	10.35	36.88	36.88	19.06	31.86	31.86	16.47	23.80	23.80	12.30
7.620	0.300		55.00	55.00	28.42	44.40	44.40	22.95	29.58	29.58	15.29

**INGEOTECON**

JOSER JANSIPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. INGEN. 174407  
JEFE DEL LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Dosis : ACEITE SULFONADO (0.3 lt/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (1.5% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS : SP-SC ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRAVA AASHTO : A-2-6 (0)

Máxima Densidad Seca MDS (tn/m<sup>3</sup>) : 2.15 Óptimo Contenido de Humedad OCH % = 7.62

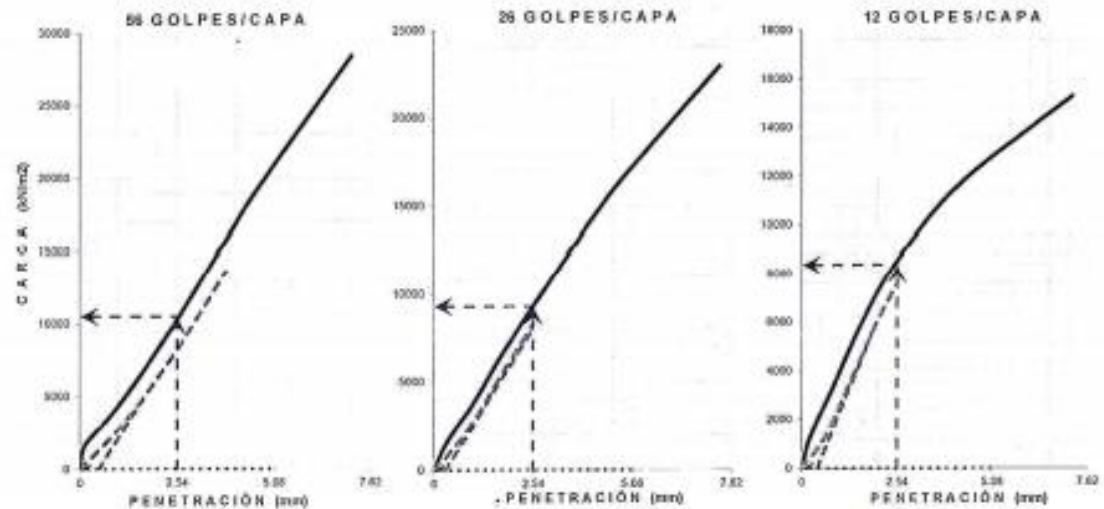
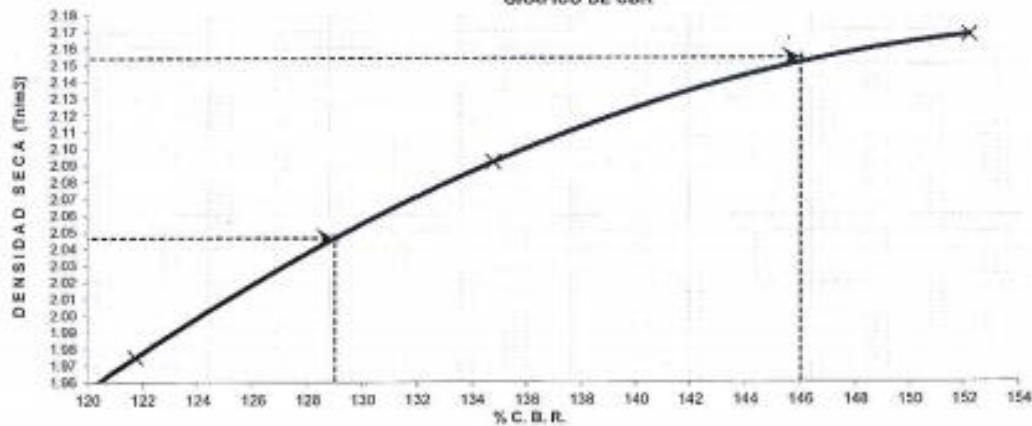
% Grava = 44.5 % Arena = 44.8 % Finos = 10.7 LL % = 26.6% LP % = 16.0%

Expansión % = 0.00% Embebido (días) = 4.0 IP % = 10.6%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (01° DE PENETRACIÓN)**


CBR AL 100% DE MDS (0.1") = 146.0 CBR AL 95% DE LA MDS (0.1") = 129.0 CBR AL 90% MDS = -.-

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOSER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. CO. 1804477407  
JEFE DEL LABORATORIO

 <b>INGEOTECON</b> <small>ARRIBA, CONCRETO Y PAVIMENTO</small>	<b>CBR DE SUELOS - LABORATORIO (MTC E 132)</b>	Código formato base:
		FDR-SIG-01.00
		Código del documento:
		REG-CPE-59.00
		Página 1 de 2

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUYAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON Región/Prov.: APURIMAC / ANDAHUYAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MARIQUE REYNAGA Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750 Lugar : AV. LA CULTURA

Dosis : ACEITE SULFONADO (0.3 lt/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (2% MDS) Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

COMPACTACION DEL CBR										
MOLDE Nº	52			51			17			
CAPAS Nº	5			5			5			
GOLPES POR CAPA	56			26			12			
COND. DE LA MUESTRA	HUMEDO			HUMEDO			HUMEDO			
PESO MOLDE+S. HÚM.	gr	12,497			12,375			12,863		
PESO DEL MOLDE	gr	7,580.00			7,682.00			8,413.00		
PESO SUELO HÚM.	gr	4,908.00			4,693.00			4,450.00		
VOLUMEN DEL MOLDE	cm <sup>3</sup>	2,108.14			2,107.53			2,111.37		
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm <sup>3</sup>	2.33			2.23			2.11		
DENSIDAD SECA	gr/cm <sup>3</sup>	2.18			2.07			1.95		
Contenido de Humedad		Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final	Humedad: inicial		final
TARRO Nº	Nro.	322	338	145	322	338	313	322	338	276
TARRO+SUELO HÚM.	gr	658.9	635.4	682.3	658.9	635.4	932.6	658.9	635.4	678.2
TARRO+SUELO SECO	gr	621.0	600.5	646.0	621.0	600.5	867.5	621.0	600.5	622.8
PESO DEL TARRO	gr	133.35	140.30	67.23	133.35	140.30	85.04	133.35	140.30	66.79
% DE HUMEDAD	%	7.77	7.58	6.27	7.77	7.58	8.11	7.77	7.58	9.98
HUMEDAD	%	7.68		6.27	7.68		8.11	7.68		9.96
ABSORCIÓN	%	-1.41			0.43			2.29		

EXPANSIÓN									
DÍA	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
		mm	%		mm	%		mm	%
0	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%
4	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%	0.00	127.00	0.00%

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN (mm) (p/g)		Carga Estándar (Mpa)	PRIMER MOLDE			SEGUNDO MOLDE			TERCER MOLDE		
			Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)	Fuerza (kN)	Fuerza Calib. (kN)	Esfuerz. (MPa)
0.000	0.000		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.630	0.025		5.31	5.31	2.75	3.96	3.96	2.05	2.76	2.76	1.43
1.270	0.050		13.19	13.19	6.81	10.00	10.00	5.17	7.22	7.22	3.73
1.900	0.075		22.48	22.48	11.62	17.32	17.32	8.95	12.86	12.86	6.05
2.540	0.100	6.0	30.85	30.85	15.94	23.60	23.60	12.20	17.31	17.31	8.95
3.170	0.125		38.57	38.57	19.93	28.94	28.94	14.96	20.48	20.48	10.58
3.810	0.150		45.00	45.00	23.26	33.50	33.50	17.31	23.37	23.37	12.08
4.445	0.175					12.65	12.65	6.54	25.82	25.82	13.34
5.080	0.200	10.35							28.08	28.08	14.51
7.620	0.300								35.01	35.01	18.09

**INGEOTECON**

JOSER JANAMPA AGUADO  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. COL. ING. N° 174407  
 JEFE DE LABORATORIO

Proyecto : "APLICACION DE ACEITE SULFONADO PARA MEJORAR LA SUB RASANTE EN LA AVENIDA LA CULTURA DEL DISTRITO DE PACUCHA, ANDAHUAYLAS, APURIMAC 2020"

Trazabilidad : INFORME 001-2020/T-V-T-01/INGEOTECON

Región/Provinc. : APURIMAC / ANDAHUAYLAS

Solicitante : JOSMELL FRANK MANRIQUE REYNAGA

Distrito : PACUCHA

Exploración : KM 0+750

Lugar : AV. LA CULTURA

Doña : ACEITE SULFONADO (0.3 lit/m<sup>3</sup>) + CEMENTO TIPO I (2% MDS)

Fecha : DICIEMBRE DEL 2020

**DATOS DEL ENSAYO**

Clasificación SUCS : SP-SC ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA Y GRAVA AASHTO : A-2-6 (0)

Máxima Densidad Seca MDS (t/m<sup>3</sup>) : 2.15 Óptimo Contenido de Humedad OCH % = 7.62

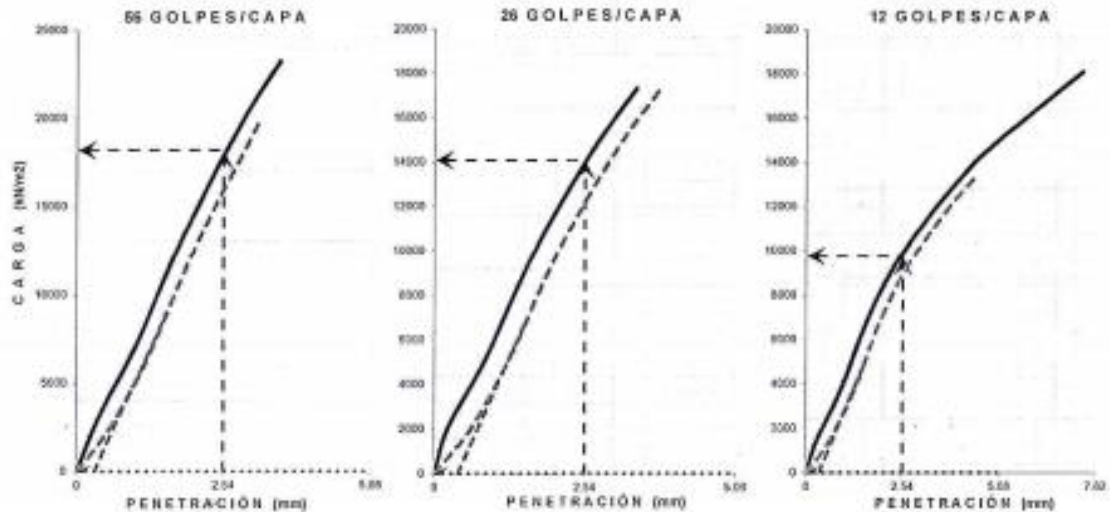
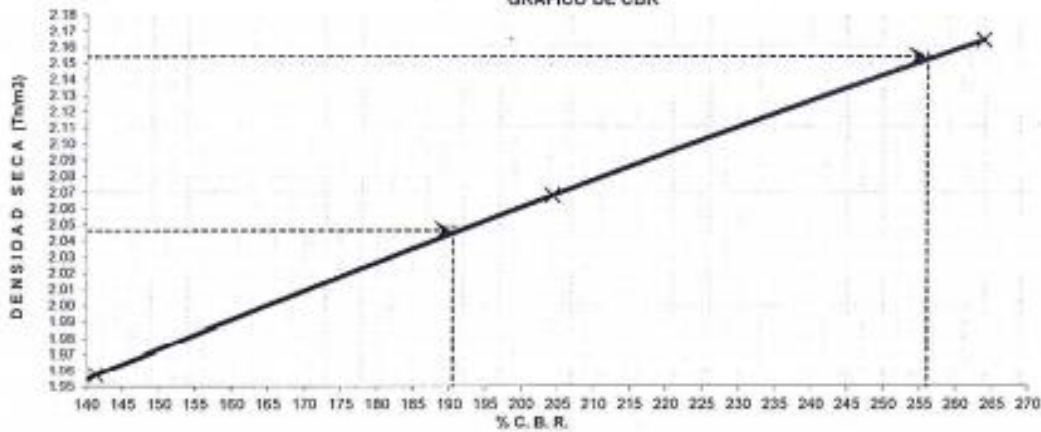
% Grava = 44.5 % Arena = 44.8 % Finos = 10.7 LL % = 26.6% LP % = 16.0%

Expansión % = 0.00% Embudo (días) = 4.0 IP % = 10.6%

**RESULTADOS DEL ENSAYO (0.1° DE PENETRACIÓN)**

CBR AL 100% DE MDS (0.1°) = 256.0 CBR AL 95% DE LA MDS (0.1°) = 190.5 CBR AL 90% MDS = --

GRÁFICO DE CBR



**INGEOTECON**

JOBER JANAMPA AGUADO  
INGENIERO CIVIL  
REG. COL. ING. N° 174497  
JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO NRO 6**  
**JUICIO DE EXPERTOS**



## VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS DE INVESTIGACIÓN POR JUICIO DE EXPERTOS

### I. DATOS GENERALES

**TÍTULO:** aplicación de aceite sulfonado para mejorar la sub rasante en la avenida la cultura distrito de pacucha, Andahuaylas – Apurímac 2020.

**NOMBRE DEL EXPERTO:**

**INSTITUCIÓN DONDE LABORA:**

**TESISTA:** Josmell Frank Manrique Reynaga

**INSTRUMENTO:**

### II. ASPECTOS DE VALIDACION (calificación cuantitativa)

INDICADORES DE EVALUACION DE INSTRUMENTO		CRITERIOS CUALITATIVOS	deficiente	regular	bueno	muy bueno	exelente
			(01-10)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
			1	2	3	4	5
1	CLARIDAD	esta formulando con lenguaje apropiado					
2	ABJETIVIDAD	esta expresando en procesos observables					
3	ACTUALIDAD	adecuado a los avances de las tecnologias constructivas					
4	ORGANIZACIÓN	existe un constructo logico de los demas					
5	SUFICIENCIA	valora las dimensiones en calidad y cantidad					
6	INTENSIONALIDAD	adecuado para cumplir con los objetivos trazados					
7	CONSISTENCIA	utiliza suficientemente referencias bibliograficas					
8	COHERENCIA	entre hipotesis dimensiones e indicadores					
9	METODOLOGIA	cumple copn los instrumentos metodologicos					
10	PERTINENCIA	es funcional y asertivo para los objetivos trazados					
SUB TOTAL							
TOTAL							

VALIDACION CUANTITATIVA

VALIDACION CUALITATIVA

VALIDACION DE APLICABILIDAD

LEYENDA	
(01-12)	improcedente
(13-15)	aceptable con recomendación
(16-20)	aceptable

Lugar y fecha                      Andahuaylas ..... de ..... 2021