

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL



**Análisis comparativo de la estabilización de suelos con
ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio**

Tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Luis Arturo Miranda Núñez

Asesor:

Segundo Moncada Saucedo

Huaraz – Perú

2020

Palabras clave

Tema	Estabilización, Ceniza, Cloruro de Sodio
Especialidad	Pavimentos

Keywords

Subject	Improvement, Ash, Sodium chloride
Specialty	Pavements

Línea de investigación	Transporte
Área	Ingeniería y tecnología
Subarea	Ingeniería civil
Disciplina	Ingeniería del transporte

Análisis comparativo de la estabilización de suelos con ceniza
de hoja de plátano y con cloruro de sodio

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo por objetivo realizar el análisis comparativo de la estabilización de suelos con ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio en la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, para ello la metodología fue experimental cuantitativa y el diseño de investigación fue experimental aplicada, la población del presente proyecto fue la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, que consta de 1 Km. La muestra del presente proyecto fue la calicata C-1 ubicada en la progresiva Km. 0+100 de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, para ello se planteó la hipótesis que la adición de ceniza de hoja de plátano y cloruro de sodio impactan positivamente en la estabilización de suelos de la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, por lo que se determinó que la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano a la muestra de suelo disminuyó el CBR de 5,70% a 5,37% y 5,04% respectivamente, y la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio a la muestra de suelo aumentó el CBR de 5,70% a 6,70% y 6,04% respectivamente, de lo que se concluyó que la adición de ceniza de hoja de plátano es inadecuada para la estabilización de suelos y que la adición de cloruro de sodio es adecuada para estabilizar suelos, sin embargo, la adición de 2% de cloruro de sodio aumenta más el CBR del suelo que con la adición de 4%.

Abstract

This research paper had the objective to carry out the comparative analysis of the stabilization of soils with banana leaf ash and sodium chloride in the subgrade of the urban road El Pinar - Puente Chahuaruri section III, hence the methodology was quantitative experimental and the research design was applied experimental, the population of the present project was the subgrade of the urban road El Pinar - Puente Chahuaruri section III, which consists of 1 km. The sample of the present project was the C-1 pit located in the progressive Km. 0 + 100 of the urban road El Pinar - Puente Chahuaruri section III, as result the hypothesis was proposed that the addition of banana leaf ash and sodium chloride positively impact the stabilization of soils of the subgrade of the urban road El Pinar - Puente Chahuaruri section III, therefore it was determined that the addition of 2% and 4% of banana leaf ash to the soil sample decreased the CBR from 5.70% to 5.37% and 5.04 % respectively, and the addition of 2% and 4% of sodium chloride to the soil sample increased the CBR from 5.70% to 6.70% and 6.04% respectively, thus it was concluded that the addition of banana leaf ashes is inadequate for soil stabilization and the addition of sodium chloride is adequate for stabilizing soils, however, the addition of 2% sodium chloride increases the CBR of the soil more than with the addition of 4%.

Índice

Palabras clave	i
Título de la Investigación	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice	v
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. METODOLOGÍA.....	15
III. RESULTADOS	17
IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN.....	27
V. CONCLUSIONES.....	29
VI. RECOMENDACIONES.....	31
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	32
AGRADECIMIENTOS	35
ANEXOS Y APÉNDICE.....	36

Índice de Anexos

Anexo 1	Análisis termo gravimétrico y análisis calorímetro de la hoja de plátano.	36
Anexo 2	Análisis químico de ceniza de hoja de plátano.	39
Anexo 3	Ficha técnica de sal industrial- cloruro de sodio.....	42
Anexo 4	Resultados de laboratorio de suelos.	44
Anexo 5	Conceptuación y operacionalización de las variables	61

Índice de tablas

Tabla 1 Clasificación AASHTO y SUCS	7
Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación.....	16
Tabla 3 Resultados de los ensayos de análisis granulométrico, Límites de Atterberg, Próctor modificado y CBR de la muestra del suelo.....	17
Tabla 4 Composición química de la ceniza de hoja de plátano	19
Tabla 5 Composición química de sal industrial	20
Tabla 6 Óptimo contenido de humedad, densidad máxima seca y CBR por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano.....	20
Tabla 7 Óptimo contenido de humedad, densidad máxima seca y CBR por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio.	22

Índice de figuras

Figura 1 Curvas Granulométricas de los diferentes tipos de Suelo (Muelas Rodríguez, 2001, p.10).	6
Figura 2 Curva de pérdida de masa – Análisis Termo gravimétrico de la hoja de plátano.....	18
Figura 3 Curva calorimétrica de la hoja de plátano	19
Figura 4 Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano.....	21
Figura 5 Densidad máxima seca del suelo con ceniza de hoja de plátano	21
Figura 6 CBR a 0,1” y 0,2” del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano.	22
Figura 7 Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio	23
Figura 8 Densidad máxima seca del suelo con cloruro de sodio.	23
Figura 9 CBR a 0,1” y 0,2” del suelo con adición de cloruro de sodio.	24
Figura 10 Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.	25
Figura 11 Máxima densidad seca del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.....	25
Figura 12 CBR a 0,1” del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.	26
Figura 13 CBR a 0,2” del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.	26
Figura 14 Al ser descargado los plátanos las hojas de plátano son calcinadas al borde del río por ser considerado desperdicio.	62
Figura 15 Hoja de Plátano que es utilizado como protector del plátano para el transporte – Mercado de Chaihua	62
Figura 16 Hoja de plátano.....	63
Figura 17 Tamizado de hoja de plátano para el análisis térmico diferencial.....	63
Figura 18 Muestra para el análisis térmico diferencial.....	64
Figura 19 Ceniza de hoja de plátano para determinar la composición química	64
Figura 20 Muestreo mediante la excavación a cielo abierto de la calicata C-1.....	65
Figura 21 Calicata C-1	65

I. INTRODUCCIÓN

En la actualidad al referirnos en la estabilización de suelos en subrasantes de baja resistencia se puede optar por el remplazo del suelo existente a un suelo de mejores propiedades mecánicas, también es muy frecuente de adicionar materiales como el cemento, asfalto o cal, que para ser obtenidos producen un alto impacto ambiental y un alto costo por los procesos industriales que estos demandan, sin embargo, existen materiales menos contaminantes y más baratos como el cloruro de sodio que tiene una acción cementante con los suelos, y es adquirido comúnmente de la evaporación de agua de mar, del mismo modo se tiene la ceniza de hoja de plátano que al ser adicionado al suelo pueden aumentarle la resistencia, estas son obtenidas por la calcinación de las hojas del fruto que son consideradas desperdicio por los agricultores. Es por ello que se planteó el trabajo de investigación para comparar el impacto que tiene la ceniza de hoja de plátano y el cloruro de sodio en la estabilización de suelos en la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III.

Por esa razón se estudió a autores internacionales como Emeka & Olufikayo (2016), que en su investigación titulada *Geotechnical Properties of Lateritic Soil Stabilized with Banana Leaves Ash* realizada en Federal University of Technology, de Akure, que tuvo como objetivo general examinar las propiedades geotécnicas de los suelos lateríticos estabilizados con cenizas de hojas de plátano, para ello aplicó el diseño de investigación experimental de lo cual la muestra de suelo sin estabilizar tuvo una máxima densidad seca de 1940 Kg/m^3 y un CBR de 10,42%, mientras que con la adición de ceniza de hoja de plátano de 2%, 4%, 6%, 8% y 10% de la masa de la muestra de suelo obtuvo densidades máximas secas de 1935 Kg/m^3 , 1931 Kg/m^3 , 1928 Kg/m^3 , 1924 Kg/m^3 y 1906 Kg/m^3 respectivamente y obtuvo también CBR de 11,42%, 28,10%, 12,78%, 3,76% y 6,26% respectivamente, con lo que concluyó que las cenizas de las hojas de plátano actúan satisfactoriamente como agentes estabilizadores para propósitos de subrasante pudiendo aumentar el CBR del suelo, que tenía 10% en estado natural a 28% con un contenido de 4% del peso del suelo de ceniza de hoja de plátano, se observó, también, que al tener un porcentaje mayor al 4% del peso del suelo el CBR disminuye.

También conforme a Gavilanes (2015), en su tesis de grado titulado *Estabilización Y Mejoramiento De Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial En El Sector De Santos Pamba Barrio Colinas Del Sur*, realizada en la Universidad Internacional del Ecuador, Quito, Ecuador tuvo como objetivo general analizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación y estabilización de suelo en el sector de Santos Pamba en el barrio Colinas del Sur empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes para determinar estabilización de plasticidad del material de sub-rasante en la vía, para ello aplicó el tipo de investigación experimental y diseño de investigación experimental en el que la población fue el barrio urbano del sur de Quito y la muestra fue la calle “A” del barrio Colinas del Sur, por lo que del suelo sin estabilizar tuvo 21,6% de CBR y que con la adición de cal y cemento de 2%, 4%, 6% y 8% el CBR aumentó a 22,78%, 23,85%, 23,41% y 23,25% respectivamente y llegó a la conclusión de que el uso de cemento para estabilizar el suelo es ventajoso, ya que al dimensionar la estructura de rodadura, se logra disminuir el espesor de la estructura de rodadura ya sea hormigón rígido o asfalto.

Asimismo en el ámbito nacional acorde a López & Ortiz (2018), en su tesis titulado *Estabilización de Suelos Arcillosos con Cal para el Tratamiento de la Subrasante en las Calles de la Urbanización San Luis de la Ciudad de Abancay*, realizada en la Universidad Tecnológica de los Andes, de Apurímac, Perú, de tipo de investigación exploratoria y de diseño experimental tuvo como objetivo general estabilizar el suelo existente de los jirones de Molinopata y Santo Domingo de la urbanización San Luis, adicionando un porcentaje de cal en el que la población fue la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay y la muestra fue la subrasante de los jirones de Molinopata y Santo Domingo, el CBR de la muestra 1 en estado natural fue de 8,75% y de la muestra 2 fue de 16,75%, sin embargo con la adición del 2%, 4%, 6%, 8% de cal, la muestra 1 obtuvo CBR de 17,5%, 33,00%, 52,00%, 145,00% respectivamente y la muestra 2 obtuvo CBR de 24,5%, 28,50%, 39,00% 68,00% respectivamente, con lo que concluyó que la cantidad de cal necesaria para mejorar el índice de CBR en ambos suelos es de 8% del peso seco del suelo.

Además conforme a Chávez & Odar (2019), en su tesis titulada *Propuesta de estabilización con cal para subrasantes con presencia de suelos arcillosos en bofedales y su influencia en el pavimento rígido bajo la metodología de diseño AASHTO 93 aplicado al tramo 1 de la carretera Oyón-Ambo*, realizada en la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, de Lima, Perú, de diseño experimental, tuvo como objetivo general evaluar a través de un análisis comparativo las mejoras en el comportamiento de un suelo arcilloso de baja plasticidad mediante la utilización de cal como agente estabilizador para ser empleado en la carretera Oyón-Ambo en el que su población fue la carretera Oyón-Ambo y la muestra fue la progresiva 170+830, el suelo natural tenía un CBR de y 6% obtuvo un CBR de 31,80% y 43,30% por la adición de 7% y 10% de cal hidratada respectivamente. Concluyó que los ensayos de CBR realizados al suelo antes y después de estabilizar con 10% de cal en peso demuestran que emplear Cal como metodología de estabilización de suelos arcillosos de baja plasticidad incrementa la capacidad de soporte del suelo; se ha pasado de CBR= 6% a CBR= 43,3%.

Asimismo, según Soto (2019), en su tesis titulada *Estabilización de suelos mediante activación alcalina de residuos de ignimbrita, arcilla calcinada y mortero reciclado para su uso como subrasante mejorada*, realizada en la Universidad Nacional De San Agustín, de Arequipa, Perú, de diseño experimental, tuvo como objetivo general evaluar las propiedades físico-mecánica de los suelos adicionados con residuos de demolición e ignimbrita, mediante activación alcalina, la muestra de suelo fue obtenida de la carretera ubicada en el distrito de Chiguata con coordenadas UTM 19S 246120 8184393, el suelo natural tenía CBR de 14,35%, pero con la adición de 10%, 20% y 30% de ignimbrita obtuvo CBR de 22,96%, 24,68%, 26,41% respectivamente , con las mismas proporciones de adición de arcilla calcinada obtuvo CBR de 25,83%, 27,56% y 29,28%, mientras que con la adición de las mismas proporciones de mortero reciclado el CBR fue de 21,24%, 22,96% y 24,68%, ante ello concluyó que el material precursor a partir de polvo de arcilla calcinada es el que brinda una mayor respuesta mecánica al suelo de la subrasante que las de ignimbrita y mortero reciclado, logrando aumentar la densidad máxima seca del suelo en 8,97%, en su índice de C.B.R. de 14,35% a 29,28% al 100% de su máxima densidad seca,

disminuyendo su grado de expansión de 0,28% a 0,16%. Esto es debido en gran medida al 40,5% de Albita ($\text{NaAlSi}_3\text{O}_8$), al 28,1% Moscovita ($\text{KA}_3\text{Si}_3\text{O}_{10}(\text{OH})_2$) y a su naturaleza amorfa.

Por otra parte de acuerdo a Quiroz (2020), en su tesis titulado *Estabilización de suelos con cloruro de sodio, en el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, Distrito de Mórrope, Provincia de Lambayeque, Departamento Lambayeque*, realizada en la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo, de Lambayeque, Perú, de tipo de investigación experimental, tuvo como objetivo determinar la influencia de la adición de cloruro de sodio en la estabilización del suelo para el camino de bajo volumen de tránsito desde el caserío Los Tubos, la población fue el camino desde el caserío Los Tubos hasta el caserío Pozo Cuarenta, la muestras fueron las calicatas ubicadas cada 350m tomadas a lo largo del tramo de longitud de 1400 Km, el CBR de la calicata N°1 fue de 10,37%, mientras que con la adición de 1%, 1,5% y 2% de cloruro de sodio el CBR fue de 10,54%, 10,70%, y 11,20% con lo que concluyó que, el análisis de resultados por la adición del cloruro de sodio en porcentajes del 1%, 1,5% y 2% respecto al peso de la muestra, incrementa el valor del CBR hasta en un 0,35% en comparación a la muestra de suelo natural mejorando ligeramente la resistencia del suelo.

Además, acorde a Chalán (2018), en su tesis titulado *Análisis de la disminución del espesor de un pavimento rígido estabilizando la sub base con cemento* realizada en la Universidad Nacional de Cajamarca, de Cajamarca, Perú, de tipo de investigación aplicada y de método experimental, tuvo como objetivo general realizar el análisis de la disminución del espesor de un pavimento rígido estabilizando la sub base con cemento, la ubicación de la investigación fue el tramo de la Av. Industrial entre la Av. San Martín y Av. vía de evitamiento del departamento, provincia y distrito de Cajamarca, el suelo natural tuvo un CBR de 20% y con la adición de 1%, 2% y 3% de cemento el CBR fue de 82%, 117% y 171% respectivamente, con lo que concluyó que el porcentaje óptimo de cemento para obtener un capa sub base con CBR 100% fue del 1,12% con respecto al peso del material.

A la fecha no se encuentra con trabajos en el ámbito local.

De las revisiones anteriores de los distintos autores se presenta el marco teórico, Braja (2013) afirmó lo siguiente: “El suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) con líquido y gas en los espacios vacíos entre las partículas sólidas” (p.1).

Asimismo Lambe & Whitman (1969) indicaron que al examinar una cantidad de arena de playa, notaremos que el suelo está conformado de granos libres. Se puede decir lo mismo de todos los suelos, a pesar de que se necesitan técnicas microscópicas más minuciosa para diferenciar las partículas de suelos que son muy diminutas. Las partículas separadas de un suelo, por no estar intensamente unidas unas respecto a otras, pueden desplazarse con libertad limitada. A diferencia de los elementos de un fluido, las partículas de suelo son sólidas y no se desplazan con la misma facilidad. La mecánica de fluidos se diferencia por la cualidad principal de la mecánica de suelos por que el suelo es esencialmente un sistema de partículas. De hecho, puede titularse mecánica de sistemas de partículas o sistemas discontinuos a la ciencia que estudia el esfuerzo-deformación del suelo.

Además, Según Muelas (2001) indica que las dimensiones de las partículas cambian ampliamente en cualquier volumen de suelo. Es necesario conocer la distribución granulométrica para clasificar convenientemente un suelo, que es el reparto en porcentaje de las diferentes dimensiones de partículas dentro del suelo, el autor indica también que se puede precisar la curva granulométrica total de una muestra de suelo con el análisis granulométrico (Figura 1).

El autor expresa además que los suelos se separan en cuatro extensos grupos de acuerdo a la granulometría. el primer grupo es el de las gravas que sus granos son claramente visibles con dimensiones entre unos 80 mm y 4,75 mm Por lo que no retienen fluidos por la presencia de considerables orificios entre las partículas, el segundo grupo es el de las arenas y se caracterizan por ser notorios a simple vista, con fragmentos de dimensión que varían entre 4,75 mm y 0,075 mm y se conservan estables en agua, el tercer grupo es el de los limos que logran obstruir el avance de agua por la dimensión de sus fragmentos que varían entre 0,075 mm y 0,002 mm Y el cuarto grupo es el de las Arcillas que están constituidas por minerales silicatados con

partículas de diminuto volumen cuyos fragmentos poseen dimensiones menores a 0,002 mm. Pueden producirse incrementos de tamaño de las partículas por el ingreso de moléculas de agua entre las cadenas de elementos tetraédricos y octaédricos unificadas por enlaces covalentes débiles, además manifiestan una porosidad muy baja a causa de que las dimensiones de los orificios son diminutas.

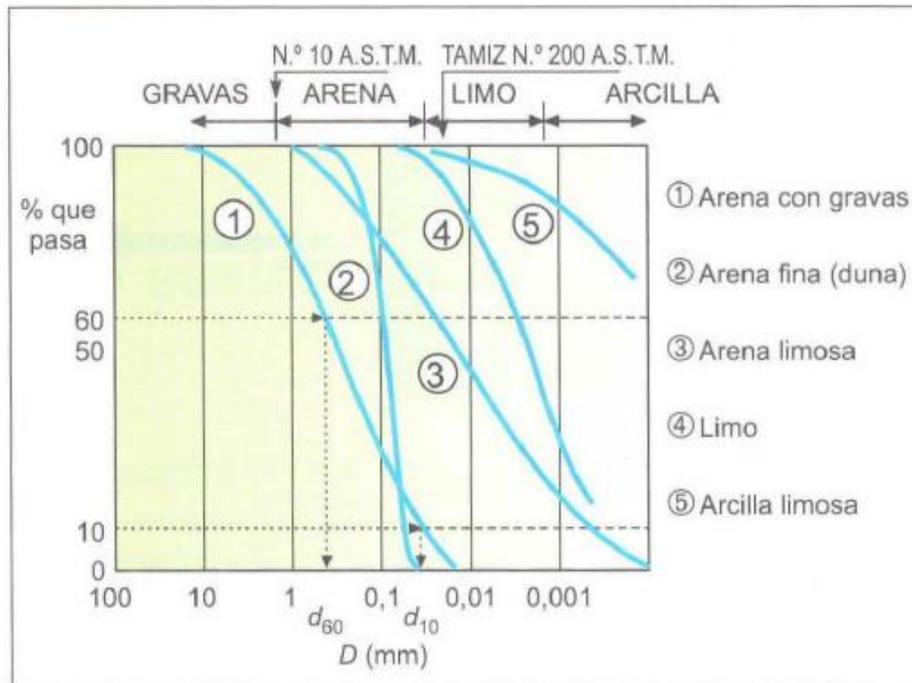


Figura 1 Curvas Granulométricas de los diferentes tipos de Suelo (Muelas Rodríguez, 2001, p.10).

Una de las cualidades de los suelos es de la plasticidad que de acuerdo a Villalaz (2004) es la cualidad que tienen de deformarse sin partirse y mediante ella se determina ciertos comportamientos, esta propiedad que se manifiesta en diferentes grados, dependen por la cantidad de arcillas y se determina mediante los límites de Atterberg o límites de consistencia, existen tres límites que son: Límite de Contracción (LC.), Límite Plástico (LP.) y Límite Líquido (LL). La porción de suelo que traspasa la malla No. 40 será utilizado para poder hallar los límites de consistencia, el Índice Plástico (I.P.) es el resultado de la sustracción de los valores del límite líquido (LL) y del límite plástico (LP.) el cual indica el rango de humedad que se tiene propiedades plásticas de los suelos con cohesión. A causa de la proporción y clase de arcilla, el límite líquido y el límite plástico varían, pero el índice plástico solo cambiará a causa

de la abundancia de arcilla en el suelo. Se determina que un suelo es no plástico (N.P.) cuando no es posible hallar el límite plástico y se establece que es igual a cero.

Asimismo el MTC (2013) indica que, conforme a la plasticidad y la granulometría, la clasificación de los suelos se efectuará bajo los sistemas mostrados en la tabla 1. Se puede predecir un comportamiento aproximado con la clasificación de los suelos, que con una perspectiva geotécnica contribuirá a localizar los sectores homogéneos. A continuación, se presenta la tabla 1 que correlaciona los más extendidos sistemas de clasificación, AASHTO y ASTM (SUCS).

Tabla 1 Clasificación AASHTO y SUCS

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

Fuente: Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (MTC, 2013, p.39).

Además Braja (2013) explica que se clasifica el suelo en siete grupos principales de acuerdo a lo que utiliza el sistema de clasificación AASHTO: de A-1 a A-7. Los suelos donde el 35% o menos de las partículas traspasa el tamiz núm. 200 y con presencia de materiales granulares se les clasifican en los grupos A-1, A-2 y A-3, mientras que los suelos que se les clasifican en los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7 trasan el tamiz núm. 200 con más del 35% del material que generalmente son los suelos arcillosos o los suelos limosos, explica además que en la clasificación SUCS los símbolos G o S como prefijo se usa cuando los suelos traspasan el tamiz núm. 200 menos del 50% de su peso, G significa suelo de grava y S significa arena o suelo arenoso, pero cuando los suelos traspasan el tamiz núm. 200 más del 50% de su peso se usará los prefijos O para limos o arcillas orgánicos, M para limo inorgánico y C para arcilla inorgánica. En el caso de que los suelos sean turba, lodo y otros suelos

altamente orgánicos se usa el símbolo Pt, indica demás que se puede usar los símbolos W para suelos bien clasificado, P para suelos mal clasificado, L indica baja plasticidad (límite líquido menor de 50) y H una alta plasticidad (límite líquido mayor de 50).

También para poder caracterizar los suelos Villalaz (2004) explicó que es necesario obtener muestras representativas del suelo, ya que un apropiado muestreo es de gran valor porque tiene la misma importancia que los ensayos en sí. Los análisis solo serán realizados a la muestra, mas no al material del cual provienen, de ahí la necesidad de que el personal que realice el muestreo tenga conocimientos de los procedimientos. Hay dos tipos de muestras: inalteradas y alteradas. Las muestras inalteradas mantienen las mismas propiedades cuando estaba en el suelo natural, y las muestras alterada es el caso contrario.

Por otro lado Braja (2013) expresa que “la resistencia cortante de un suelo es la resistencia interna por unidad de área que la masa de suelo puede ofrecer a la falla y el deslizamiento a lo largo de cualquier plano en su interior” (p.228).

Mientras que Rivera (2013) indica que para la medición de la resistencia de la subrasante de un pavimento existen diferentes procedimientos o métodos, que son los siguientes: Módulo resiliente, relación del valor de soporte de California (CBR, California Bearing Ratio), valor de resistencia Hveem (Valor R), Ensayo de placa de carga (Valor K) y Penetración dinámica con cono, sin embargo expresa que a pesar de la variedad de ensayos el CBR es el más usualmente empleado para precisar la capacidad de soporte de la subrasante. Para hallar el módulo resiliente del suelo se usa el valor de CBR que, junto con las particularidades de las cualidades de los materiales de las capas, nivel de tránsito, y otras, determinan los grosores de las distintas capas que pertenecen la estructura de pavimento.

MTC (2016) establece que el CBR de suelos es un ensayo que evalúa la resistencia potencial de las capas de un pavimento y precisa un índice de resistencia del suelo nombrado como CBR (California Bearing Ratio), que es habitualmente denominado valor de la relación de soporte. Sobre suelo acondicionado en el laboratorio se ejecuta el ensayo en condiciones específicas de humedad y densidad;

existe el caso de realizarse el ensayo a muestras inalteradas extraídas del terreno, los procedimientos para obtener el CBR está determinado en MTC E 132.

De acuerdo a Braja (2013) varios ingenieros geotécnicos nombran el mejoramiento del suelo como estabilización del suelo. Éste es un procedimiento empañado para reducir precios con superior calidad que cambia las cualidades de ingeniería de suelo in situ. Hay dos métodos de mejora del suelo, la primera es la estabilización mecánica que implica metodologías que mejoran las propiedades de los suelos sin la adición de químicos que unan las partículas, algunas técnicas son: la precarga, compactación, voladura o blasting, vibroflotación, compactación dinámica y drenes de arena. El segundo método es la estabilización química que implica la aplicación de aditivos como la cal, cemento y de las cenizas volantes en los suelos.

De acuerdo al ASTM C125 (2013; citado por Kanning et al. 2014) un material puzolánico es definido como un producto que tiene estructura química basada en silicio o silicio andaluminoso que en forma finamente dividida y con agua reacciona químicamente con hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que tienen propiedades cementantes.

Por otro lado, Olutaiwo (2017) indica que la ceniza de hoja de plátano tiene una composición porcentual combinada de Sílice (SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3) que es menor al 70% que muestra una puzolana débil pudiendo ser útil en la estabilización de suelos, además Kanning et al. (2014) después de moler la ceniza de hoja de plátano a un tamaño de diámetro de partícula de $15\ \mu\text{m}$ aproximadamente, obtuvo como composición química de partículas de $\text{SiO}_2=48,7\%$, $\text{Al}_2\text{O}_3=2,6\%$ y $\text{Fe}_2\text{O}_3=1,4\%$, por lo tanto, la ceniza cumplió el requerimiento de contenido de 50% de estos materiales, la pérdida por ignición (5,06%) estuvo cerca del límite máximo estipulado (6%). La cantidad de Na_2O , responsable de la aparición de eflorescencias o la ocurrencia de reacción de agregado alcalino, fue del 0,21%, valor inferior al 1,5%, límite superior según la norma.

Redacción EC (2018) informó que de acuerdo al INEI “el volumen de producción de plátano alcanzó 182,000 toneladas, incrementándose en 14,65%. Los departamentos que destacaron por su mayor producción fueron San Martín (13,19%),

Ucayali (11,67%), Loreto (1,55%) y Piura (84,73%); juntos suman el 57,5% a la producción total”, además estas hojas son usadas como protector del sol del plátano durante el transporte de los lugares de cultivos hacia los lugares de venta, también es usado para acelerar la maduración del fruto, sin embargo, estas hojas son desechadas al borde del río y son quemadas

Por otro lado, Cárdenas (2009) indica que en los últimos años se incrementó la producción de plátano especialmente en las regiones de la costa norte y la selva peruana por las exigencias de clima cálido y constante humedad que requiere, también la autora expone que una de las actividades culturales es el deshoje, que consiste en el corte de hojas de plátano de abajo hacia arriba, lográndose distinguir dos tipos de deshoje, el de protección para poder proteger el fruto en el traslado a otras regiones y de saneo para eliminar las hojas dobladas y secas.

Por otro lado, según el MTC (2013) el cloruro de sodio es un compuesto inorgánico que se constituye en polvo fino o cristales grandes, que está conformado de alrededor de 2% de arcillas y limos y 98% de NaCl, además es considerado un estabilizante natural pudiendo mejorar la cohesión del suelo porque tienen una propiedad fundamental que es absorber la humedad de los cuerpos y del aire que le envuelven, también disminuyen el punto de evaporación, produciendo una acción cementante gracias a que los minerales del suelo y el sodio intercambian iones. Se logra obtener la densidad ansiada del suelo con un menor esfuerzo gracias a su poder coagulante, además expresa que existen 3 métodos para producir cloruro de sodio, uno es el uso de hornos para evaporar de agua del océano, el segundo método es mediante la obtención de las minas de sal y el método más antiguo es el de evaporar agua de océano para obtener las partículas de sal.

Por otro lado el MTC (2013) señala que para mejorar la seguridad y comodidad del tránsito se construye pavimentos, que son estructuras de varias capas sobre el terreno natural o la subrasante del camino, de ese modo los esfuerzos generados por los vehículos se distribuyen, por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. La subbase es la capa que soporta a la carpeta y a la base, siendo usado como capa controladora de la capilaridad del agua y de drenaje,

obedeciendo a varios factores esta capa puede omitirse, por lo general es de material granular con un $\text{CBR} \geq 40\%$ o tratada con asfalto, cal o cemento. La base es la capa ubicada de bajo de la capa de rodadura, el cual sostiene, transmite y distribuye las cargas generadas por la circulación vehicular, esta capa es de material granular drenante con un $\text{CBR} \geq 80\%$, puede ser tratada con asfalto, cal o cemento. La capa de rodadura es la parte externa de un pavimento, que tiene como objetivo sostener el tránsito, puede ser de concreto de cemento Portland, material bituminoso o de adoquines.

También Zambrano (2016) manifiesta que existen tres grupos generales de pavimentos, el primero es el pavimento flexible, el segundo es el pavimento rígido y el tercer tipo conocido como el grupo de los pavimentos compuestos, los pavimentos flexibles generalmente se forman de una capa de asfalto ubicado encima de una base granular o sub base, que es una capa soportada por el suelo compactado que por lo general se conoce como el subgrado o subrasante, algunas de las de las superficies asfaltadas consisten en una capa tratada con tratamiento superficial bituminoso mientras que los pavimentos rígidos tienen la capa externa de Concreto Portland colocada encima de un subrasante con o sin una capa intermedia de base. Los pavimentos compuestos típicamente son el resultado de rehabilitación de pavimento de asfalto con concreto portland que es usado para reparar algunas de las partes dañadas, en algunos casos el pavimento de asfalto es empleado para reparar las zonas deterioradas de un pavimento de concreto portland.

La subrasante según Coronado (2002) es la capa inferior de un pavimento y viene a ser el suelo que sostiene la estructura de pavimento, su profundidad será hasta que sea nula la influencia de la carga de diseño. Durante la construcción de esta capa se debe realizar cortes o rellenos para poder cumplir con las cotas de la superficie especificadas en el proyecto y siempre debe ser compactado, además expresa que las condiciones de la subrasante es un factor primordial del espesor de pavimento, es por esa razón que los requerimientos de resistencia e invulnerabilidad a la deformación de esta capa es de gran importancia, en consecuencia, los espesores y calidad de un

pavimento es la adecuación a las cualidades de la subrasante sometido a la carga de diseño.

De acuerdo a la norma técnica CE.010 de pavimentos urbanos, las vías urbanas son áreas destinadas al pase de personas y vehículos que se encuentran dentro del casco urbano, se clasifican en vías expresas, arteriales, colectoras y locales; de los cuales su subrasante se clasifica en excelente si el CBR es mayor al 17% y no son afectados por la humedad o congelamiento, será clasificado buenos cuando el CBR esté entre 8% y 17%, serán considerado regular si son moderadamente estables ante la humedad y el CBR está entre el 3% y 8% y se le considera pobre si son suelos blandos y plásticos cuando están húmedos y el CBR es menor del 3% en los pavimentos flexibles.

Con lo que se pudo analizar la realidad problemática, las carreteras y vías urbanas en el mundo han aumentado la necesidad de tener una estructura de pavimento altamente resistentes por el enorme incremento de volumen y de peso del tráfico que demanda la actualidad, como en Asia con la autopista asiática 1 (AH1) que conecta a 32 países con más de 20,500 km, que es de vital importancia para las importaciones-exportaciones y conexión de personas, igualmente como el crecimiento del tráfico en las ciudades de todo el mundo en la hora pico, además, en América Latina la necesidad de unión entre los países ha llevado que la Carretera Panamericana circulen una gran cantidad de vehículos, entre pesados y livianos al día; esto conlleva a construir pavimentos fuertes que puedan ser sometidos a altas cargas, teniendo en cuenta el crecimiento rápido de las ciudades y la complejidad geográfica, en Perú exige que la infraestructura vial sea de alta calidad para cumplir las exigencias esenciales de salud, alimentación, educación y trabajo.

Por lo general, los requisitos obligatorios hacia algún proyecto de pavimentación exigen una alta capacidad de soporte y buena calidad debido a las exigencias del tránsito, resultando una dificultad el uso de suelos blandos, si a los pavimentos se les reposa sobre estos suelos, tienden a tener un periodo de vida menor, por el daño del camino que se obtiene con el tiempo ocasionados por los hundimientos, por ende es esencial tener estables y duraderas subrasantes de carreteras y vías urbanas de modo que no produzcan averías, algunas subrasantes no representan una dificultad

particular en aquellos lugares donde los satisfactorios materiales están abundantemente disponibles.

La escasez de buenos materiales para carreteras y vías urbanas en muchas áreas del Perú se está volviendo cada vez más grave; muchas regiones que poseen materiales no adecuados se enfrentan a una complicación constante de agotamiento, en Áncash por el aumento del tráfico se optó reiteradas veces de remplazar la subrasante existente del pavimento de baja resistencia por un suelo de mejores características mecánicas, inclusive se eligió de hacer usos de materiales como cemento, cal o asfalto que conllevaron a un mayor gasto económico y contaminación ambiental en la construcción. En la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri la presencia de subrasante de muy baja calidad representa un peligro para la integridad del pavimento, para resolver este problema y producir más subrasantes satisfactorias en los pavimentos se optó en este proyecto de comparar la ceniza de hoja de plátano y el cloruro de sodio en la estabilización de suelos.

De lo anterior se puede justificar la investigación a nivel social porque beneficiará a la población que transite en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri, también se justifica económicamente porque los estabilizadores ceniza de hoja de plátano y cloruro de sodio son de bajo costo, asimismo se justifica científicamente porque se fundamenta en la mecánica de suelos a partir de la realización de experimentos de laboratorio, y además se justifica de forma ambiental porque se utilizará materiales que generan un menor impacto ambiental que otros estabilizadores comunes como el cemento, la cal o el asfalto.

Con lo que se puede formular el problema a solucionar ¿Cuál es el impacto del uso de ceniza de hoja de plátano y cloruro de sodio en la estabilización de suelos de la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III? Para ello se planteó la hipótesis que la adición de ceniza de hoja de plátano y cloruro de sodio impactan positivamente en la estabilización de suelos de la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, con lo que se planteó el objetivo general de realizar el análisis comparativo de la estabilización de suelos con ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio en la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo

III., de lo cual se desprendió los objetivos específicos de caracterizar el suelo de la subrasante en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, caracterizar los agentes estabilizantes, evaluar la estabilización de suelos por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano en la subrasante en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, evaluar la estabilización de suelos por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio en la subrasante en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III y comparar los resultados de la estabilización de suelos por los agentes estabilizantes en la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III.

II. METODOLOGÍA

2.1. Tipo y diseño de investigación

Según Niño (2011) “la experimentación establece relaciones de causa-efecto y se ocupa de descubrir, comprobar, confrontar, negar o confirmar teorías”, es por ello que la investigación fue experimental cuantitativa.

De acuerdo a Hernández, Fernández & Baptista (2014) en el diseño experimental se incluyen una o varias variables dependientes y una o varias independientes, pudiéndose utilizar prepruebas y pospruebas para examinar, antes y después, el cambio de los conjuntos del tratamiento experimental, es por ello que el diseño de investigación fue experimental.

2.2. Población, muestra y muestreo

De acuerdo a Lepkowski (2008; citado en Hernández, Fernández & Baptista, 2014, p.174) indicó que la población es “el conjunto de todos los casos que concuerdan con una serie de especificaciones”, por esa razón la población del presente proyecto fue la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III, que consta de 1 Km.

Además, según Niño (2011) “una muestra es una porción de un colectivo o de una población determinada, que se selecciona con el fin de estudiar o medir las propiedades que caracterizan a la totalidad de dicha población” (p.55), es por ello que la muestra del presente proyecto fue la calicata C-1, por presentar características similares de todo el tramo y estuvo ubicada en la progresiva Km. 0+100 de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III.

2.3. Técnicas e instrumentos

Tabla 2 Técnicas e instrumentos de investigación

Variables	Técnica	Instrumento	Fuente
Variables Independientes			
Ceniza de hoja de plátano	Observación	Ficha de laboratorio	Laboratorio UNT Laboratorio LABICER FC-UNI
Cloruro de sodio	Observación	Ficha Técnica	Rejyra E.I.R.L.
Variable Dependiente			
Estabilización de Suelos	Observación	Ficha de laboratorio	Laboratorio Universidad San Pedro

Fuente: Elaboración propia, basado en el método del proyecto

2.4. Procesamiento y análisis de la información

Cohen & Gómez (2019) expresan que “el cierre del proceso de producción de los datos es el procesamiento. En la investigación cuantitativa, el cierre es más absoluto, el resultado de procesar son los datos” es por ello que los datos obtenidos del laboratorio respecto al óptimo contenido de humedad, densidad máxima seca y CBR del suelo fueron registrados e ingresados a la hoja de cálculo Microsoft Excel para realizar los cálculos matemáticos y estadísticos, el análisis se realizó con tablas y gráficos.

III. RESULTADOS

3.1. Caracterización del suelo de subrasante en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri.

Para la caracterización de la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri se realizó el muestreo mediante la excavación a cielo abierto de la calicata C-1 con una profundidad de 1,50m, posteriormente se determinó el contenido de humedad, se realizó el análisis granulométrico, límite plástico y límite líquido para clasificar la muestra del suelo según AASHTO y SUCS, los resultados demuestran una mayor presencia de arena y carencia de plasticidad, sin embargo por el color gris, el olor y presencia de finos de 33,10% se determinó que el suelo era una arena limosa con finos orgánicos, también se realizó el ensayo próctor modificado y CBR para hallar la máxima densidad seca, el óptimo contenido de humedad y la relación carga californiana CBR, los resultados se detallan en la tabla 3.

Tabla 3 Resultados de los ensayos de análisis granulométrico, Límites de Atterberg, Próctor modificado y CBR de la muestra del suelo.

Ensayo	Resultado
Contenido de humedad	7,50 %
Límite Líquido (%)	NP
Límite Plástico (%)	NP
Índice de Plasticidad (%)	NP
Clasificación según AASHTO	A-2-4(0)
Clasificación según SUCS	SM con finos orgánicos
Óptimo contenido de humedad	12,17 %
Máxima Densidad Seca	1,894 gr/cm ³
CBR a 0,1”	5,70 %
CBR a 0,2”	8,47 %

Fuente: Laboratorio Universidad San Pedro

3.2. Caracterización de los agentes estabilizantes.

La hoja de plátano de Tingo María fue obtenida del mercado mayorista de Chaihua en la ciudad de Huaraz, se secaron al sol para eliminar la humedad existente, luego fue molido y tamizado por el tamiz N°100, del cual se usó 17,8 mg de muestra para realizar el análisis termogravimétrico y el análisis térmico diferencial, para los

cuales se aplicó a la muestra una tasa de calentamiento de 20°C/min de un rango desde 25°C a 900°C, del cual se presenciaron dos importantes caídas de la masa del material, la primera en un rango de temperatura entre 80 y 120°C y la segunda, la cual es la caída más intensa, se registró entre 230 y 500°C, desacelerándose poco a poco la velocidad de pérdida. El material presentó una pérdida total de aproximadamente 86% respecto a su masa inicial cuando se alcanzó la máxima temperatura de ensayo como se muestra en la figura 2.

Además, de acuerdo al análisis calorimétrico, se mostró un primer pico endotérmico en torno a 100°C y uno de menor intensidad a 200°C, posteriormente un pico a 400°C y posteriormente a 850°C, lo que se pudo evidenciar posibles cambios de fase y cambio en las características del material como se aprecia en la figura 3.

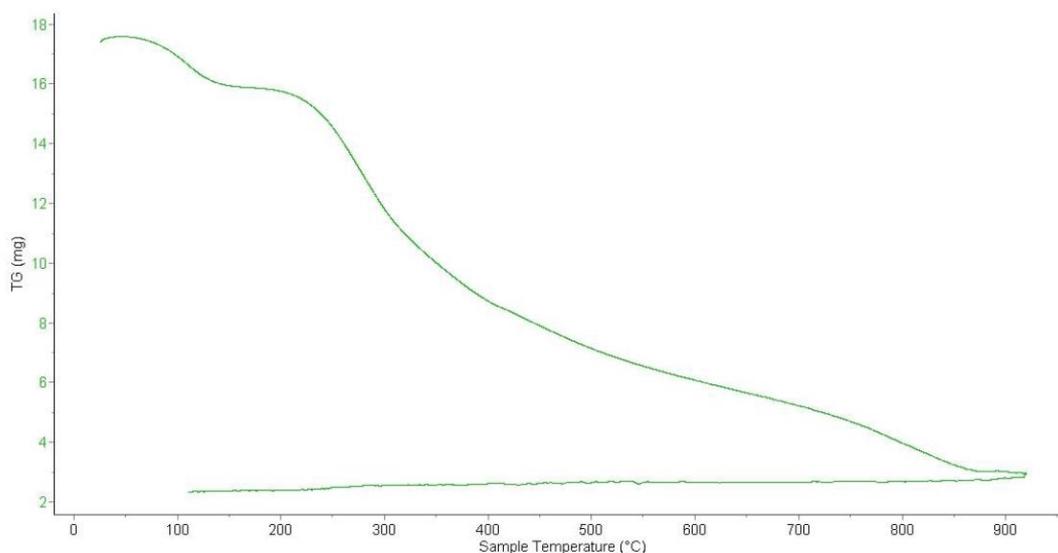


Figura 2 Curva de pérdida de masa – Análisis Termo gravimétrico de la hoja de plátano

Fuente: Laboratorio de polímeros Universidad Nacional de Trujillo

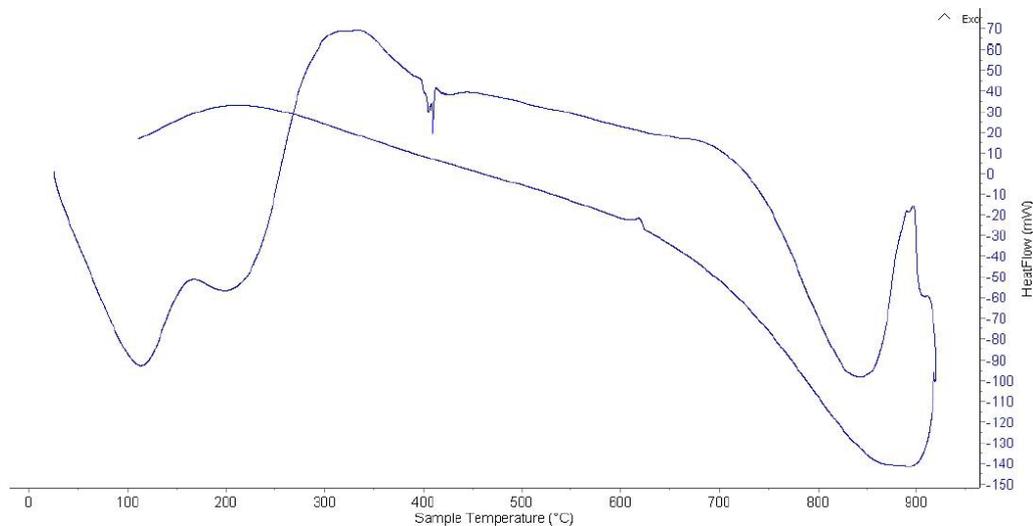


Figura 3 Curva calorimétrica de la hoja de plátano

Fuente: Laboratorio de polímeros Universidad Nacional de Trujillo.

La ceniza de hoja de plátano fue obtenida después de calcinar a 900 °C por 4 horas basado en los parámetros, y experimentos estudiados por Kanning et al. (2014), después fue molido y tamizado por el tamiz N° 200, se usó una muestra para determinar la composición química por espectrometría de fluorescencia de rayos x cuyos resultados se presenta en la tabla 4.

Tabla 4 Composición química de la ceniza de hoja de plátano

Compuesto	Composición (%)
Óxido de potasio, K ₂ O	51,85
Óxido de magnesio, MgO	17,55
Óxido de calcio, CaO	17,38
Óxido de silicio, SiO ₂	9,91
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	2,64
Óxido de manganeso, MnO	0,38
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0,16
Óxido de azufre, SO ₃	0,11
Óxido de estroncio, SrO	0,02
Óxido de zinc, ZnO	0,01
Óxido de Zirconio, ZrO ₂	0,01

Fuente: Laboratorio LABICER FC-UNI

Se usó sal industrial de la marca Rejyra con alta pureza de cloruro de sodio proveniente de agua de mar que tuvo forma granular de color blanco, la composición química se aprecia en la tabla 5

Tabla 5 Composición química de sal industrial

Componente	Composición
Cloruro de sodio	99,50 %
Humedad	1,00 %
Sulfatos	3500 ppm máx.
Magnesio	1000 ppm máx
Calcio	1000 ppm máx

Fuente: Ficha Técnica Rejyra

3.3. Evaluación de la estabilización de suelos por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano en la subrasante en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III.

Se añadió a la masa del suelo 2% y 4 % de ceniza de hoja de plátano, luego se agregó diferentes cantidades de agua para hallar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad mediante el ensayo próctor modificado, luego se realizó el ensayo CBR para hallar la relación carga california, de los cuales lo resultado se observa en la tabla 6.

Tabla 6 Óptimo contenido de humedad, densidad máxima seca y CBR por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano.

Adición de ceniza de hoja de plátano	Óptimo contenido de humedad (%)	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	CBR a 0,1”(%)	CBR a 0,2”(%)
0	12,17	1,894	5,70	8,47
2	12,29	1,888	5,37	7,58
4	12,42	1,883	5,04	7,14

Fuente: Laboratorio USP

Hubo un aumento del óptimo contenido de humedad por la adición de ceniza de hoja de plátano en comparación con la muestra patrón como presenta en la figura 4.

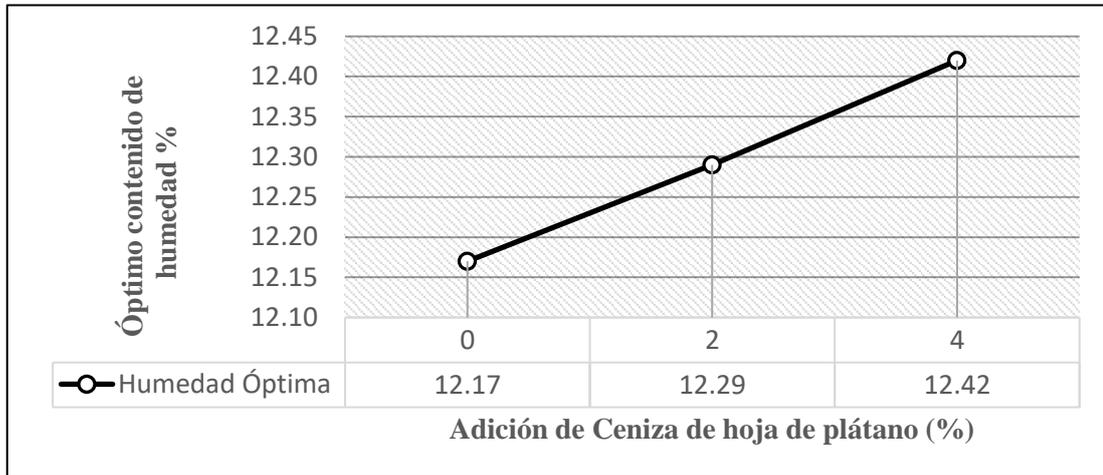


Figura 4 Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano.

Fuente: Elaboración propia

Además, Se presenta una disminución de la máxima densidad seca por la adición de ceniza de hoja de plátano en comparación con la muestra patrón que es presenta en la figura 5.

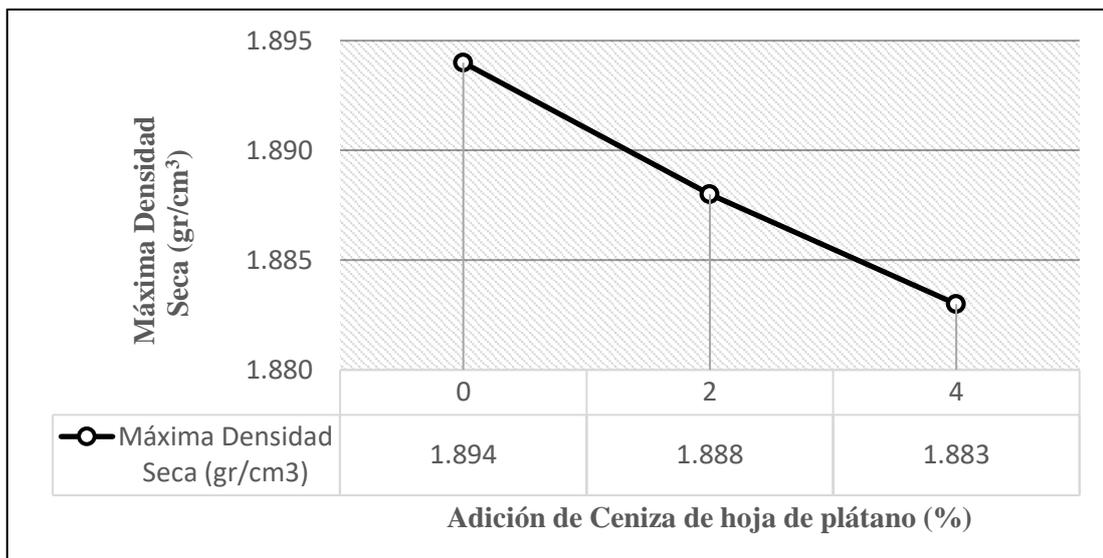


Figura 5 Densidad máxima seca del suelo con ceniza de hoja de plátano

Fuente: Elaboración propia.

El CBR a 0,1" y 0,2" disminuye por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano a comparación con la muestra patrón que se presenta en la figura 6.

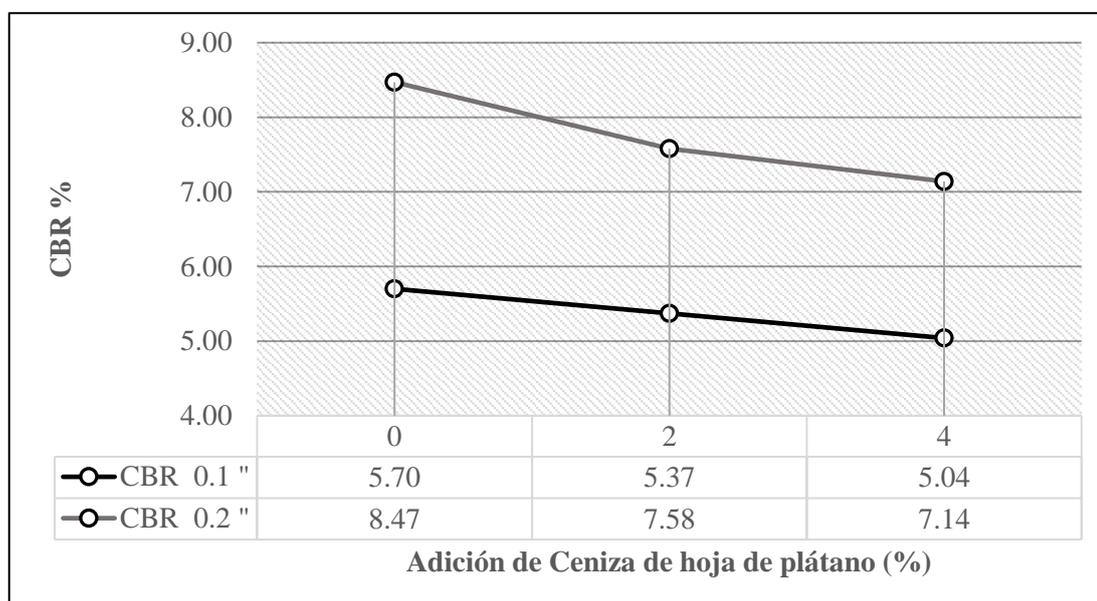


Figura 6 CBR a 0,1" y 0,2" del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano.

Fuente: Elaboración propia

3.4. Evaluación de la estabilización de suelos por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio en la subrasante en la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III.

Se añadió a la masa del suelo 2% y 4 % de cloruro de sodio, luego se agregó diferentes cantidades de agua para hallar la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad mediante el ensayo próctor modificado, luego se realizó el CBR para hallar la relación carga california, de los cuales lo resultado se observa en la tabla 7.

Tabla 7 Óptimo contenido de humedad, densidad máxima seca y CBR por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio.

Adición de cloruro de sodio	Óptimo contenido de humedad (%)	Densidad máxima seca (gr/cm ³)	CBR a 0,1"(%)	CBR a 0,2"(%)
0	12,17	1,894	5,70	8,47
2	11,94	1,920	6,70	9,58
4	11,72	1,939	6,04	9,13

Fuente: Laboratorio USP

Se produce una disminución del óptimo contenido de humedad por la adición de ceniza de hoja de plátano en comparación con la muestra patrón que es presenta en la figura 7.

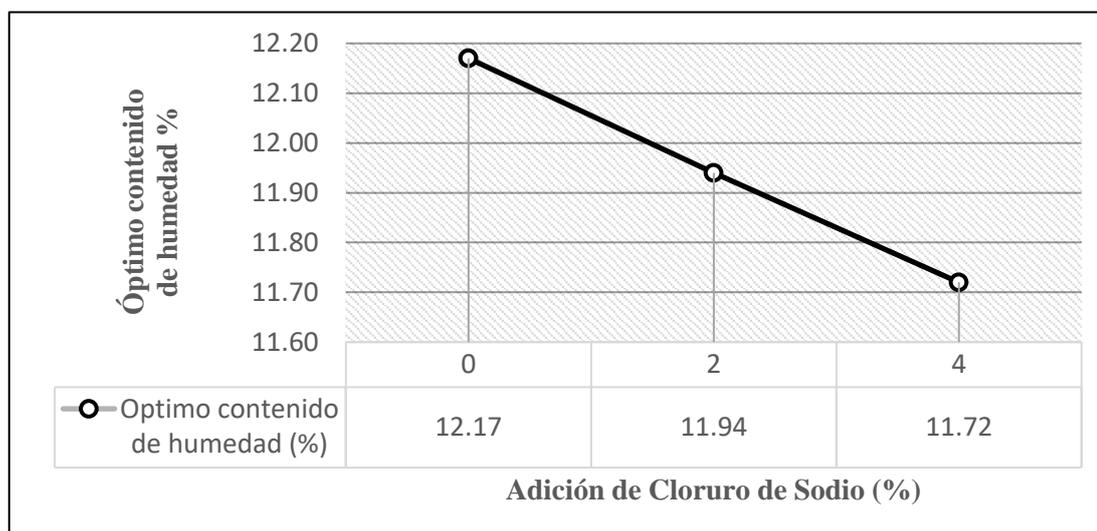


Figura 7 Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de cloruro de sodio

Fuente: Elaboración propia.

Además, Se presenta una disminución de la máxima densidad seca por la adición de ceniza de hoja de plátano en comparación con la muestra patrón que es presenta en la figura 8.

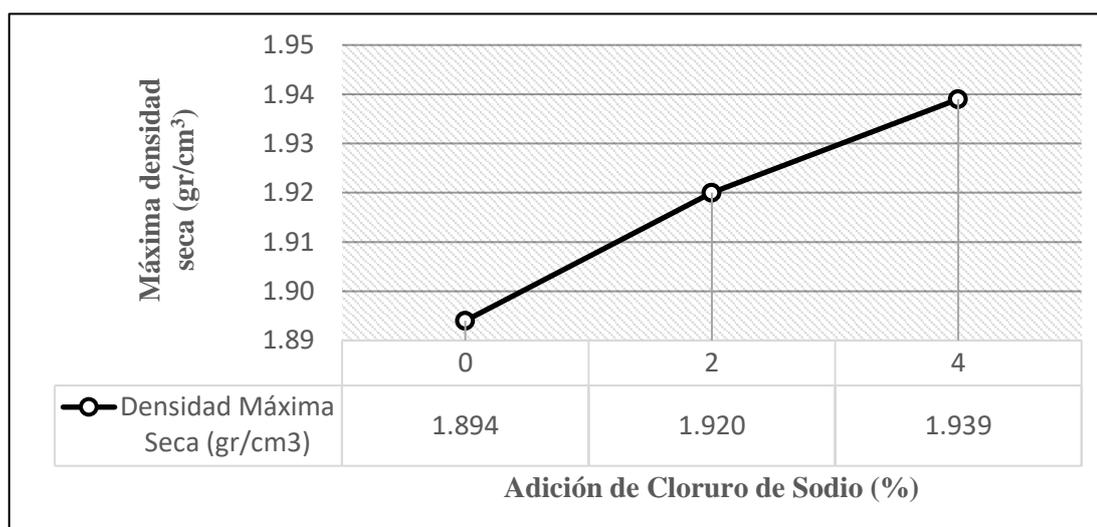


Figura 8 Densidad máxima seca del suelo con cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

El CBR a 0,1” y 0,2” aumenta por la adición de 2% de cloruro de sodio a comparación con la muestra patrón, de igual modo, hubo un aumento por la adición de 4% de cloruro. pero inferior a la adición de 2% de cloruro de sodio como se presenta en la figura 9.

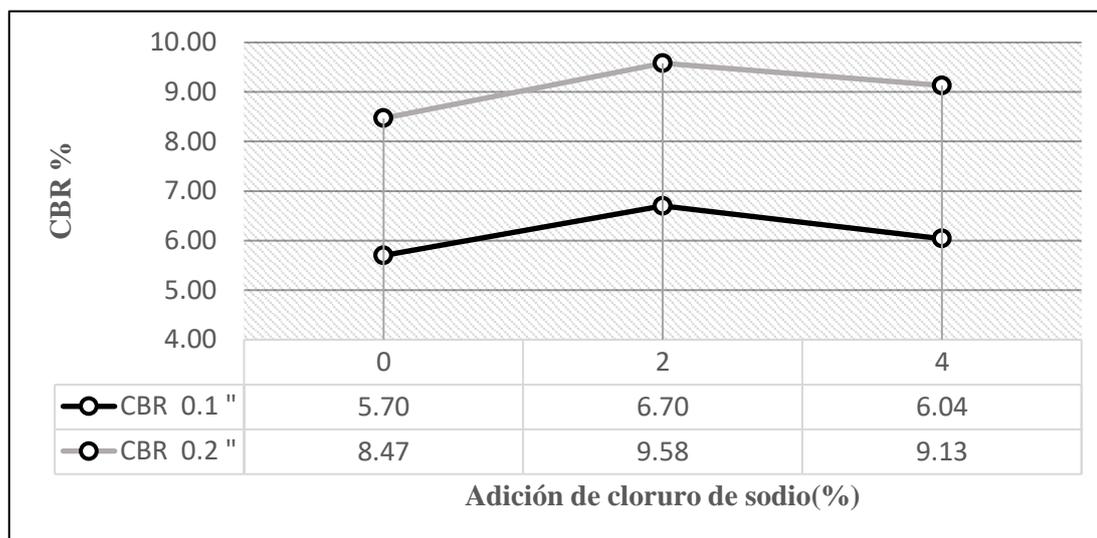


Figura 9 CBR a 0,1” y 0,2” del suelo con adición de cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

3.5. Comparación de los resultados de la estabilización de suelos por los agentes estabilizantes en la subrasante de la vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III.

El óptimo contenido de humedad del suelo aumenta por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano, mientras que por la adición de 2% y 4% cloruro de sodio disminuye como se aprecia en la figura 10.

La máxima densidad seca del suelo disminuye por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano, mientras que por la adición de 2% y 4% cloruro de sodio aumenta como se aprecia en la figura 11.

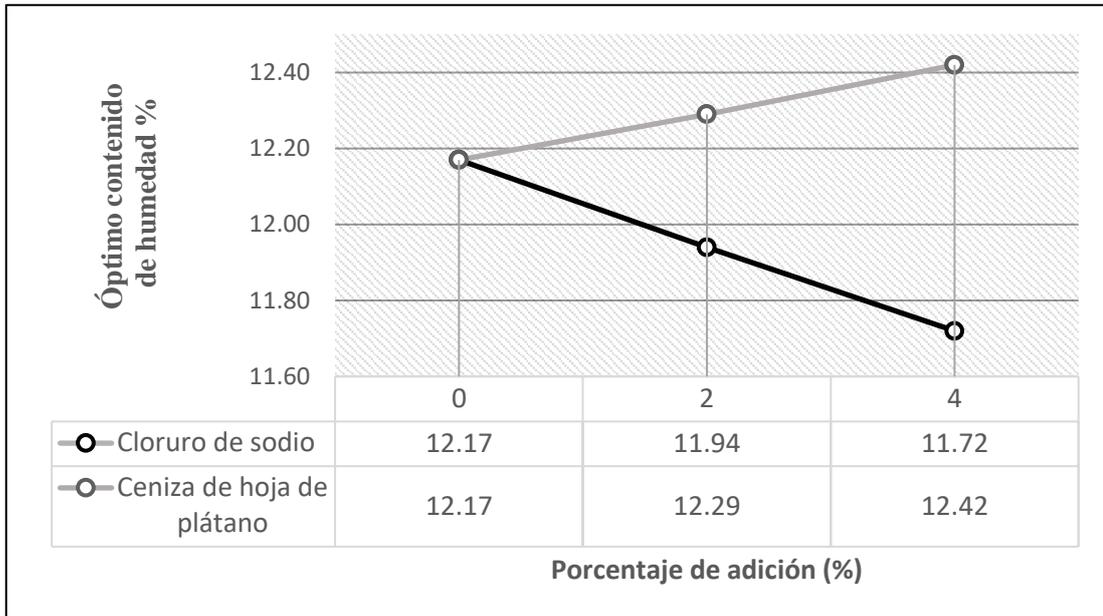


Figura 10 Óptimo contenido de humedad del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

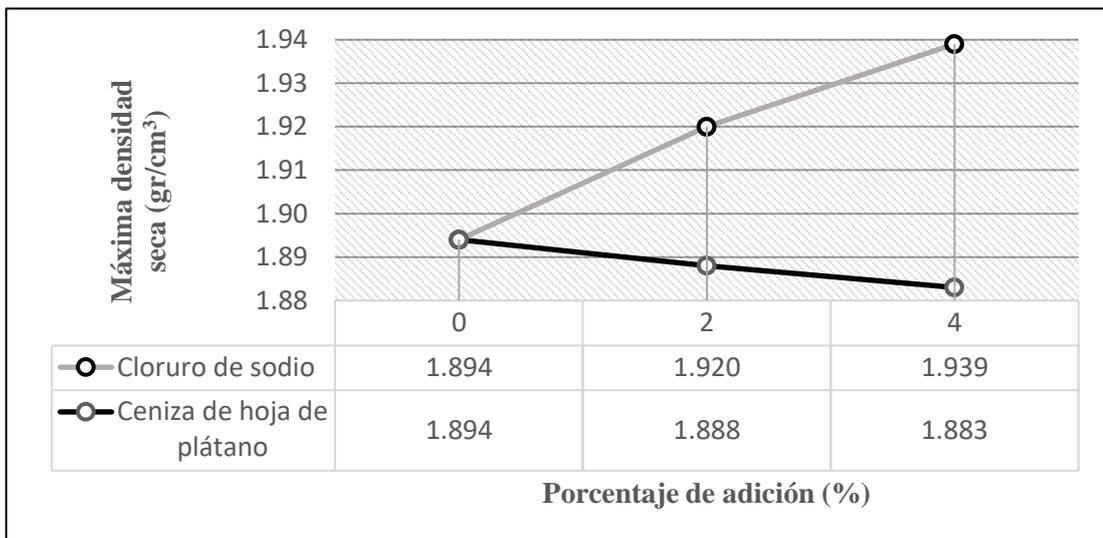


Figura 11 Máxima densidad seca del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

El CBR a 0,1” del suelo disminuye por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano, mientras que por la adición de 2% y 4% cloruro de sodio aumenta como se aprecia en la figura 12.

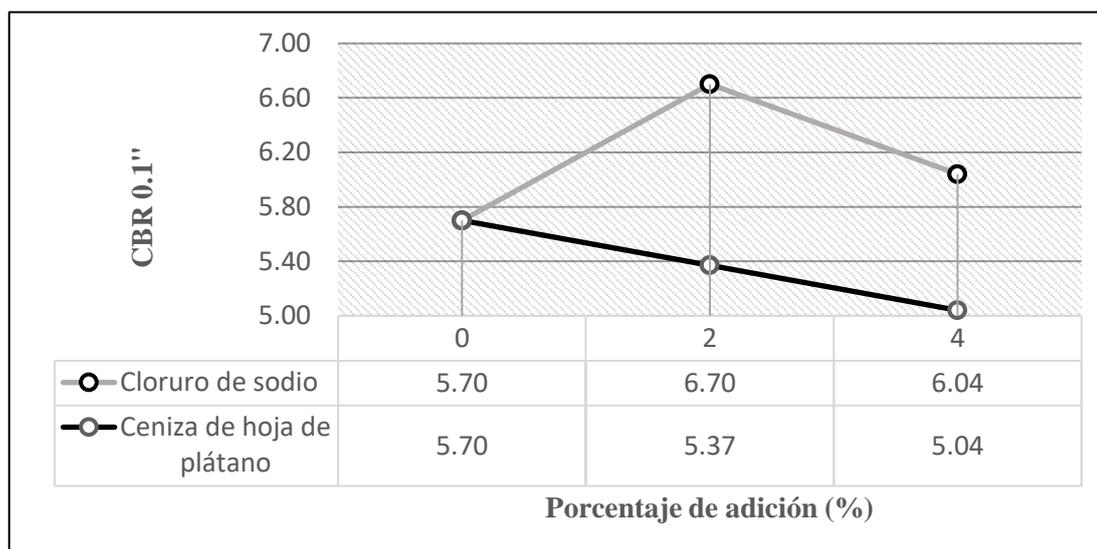


Figura 12 CBR a 0,1” del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

Del mismo modo el CBR a 0,2” del suelo disminuye por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano, mientras que por la adición de 2% y 4% cloruro de sodio aumenta como se aprecia en la figura 12.

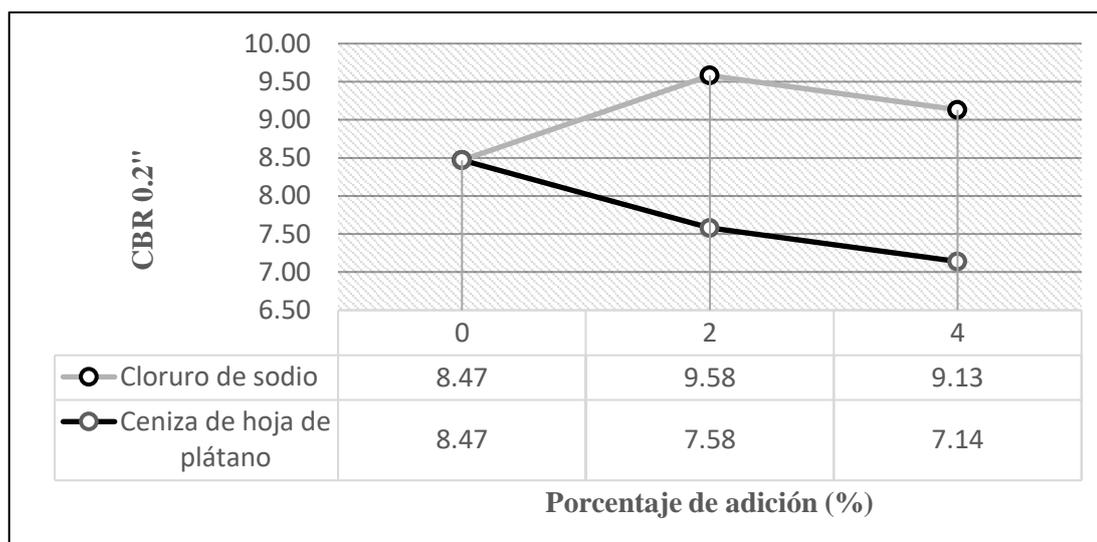


Figura 13 CBR a 0,2” del suelo con adición de ceniza de hoja de plátano y con cloruro de sodio.

Fuente: Elaboración propia.

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

La caracterización de la ceniza de hoja de plátano según Emeka & Olufikayo (2016) tuvo por resultados que la suma de SiO_2 , Al_2O_3 y Fe_2O_3 fue de 54,70%, con lo que no hay coincidencia con los autores ya que en la suma de SiO_2 y Fe_2O_3 fue de 10,70% en la presente investigación, el óptimo contenido de humedad del suelo estudiado por los autores fue de 10,70%, la adición de ceniza de hoja de plátano de 2% lo aumentó a 10,90%, y la adición de 4% lo aumentó a 11,80% por lo que se coincide con los autores ya que el óptimo contenido de humedad del suelo estudiado fue de 12,17% y aumentó a 12,29% y 12,42% por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano, la máxima densidad seca del suelo estudiado por los autores fue de $1,940 \text{ gr/cm}^3$ y disminuyó a $1,935 \text{ gr/cm}^3$ y $1,931 \text{ gr/cm}^3$ por la adición de ceniza de hoja de plátano de 2% y 4% respectivamente, por lo que se coincide con los autores ya que la máxima densidad seca del suelo estudiado fue de $1,894 \text{ gr/cm}^3$ y disminuyó a $1,880 \text{ gr/cm}^3$ y $1,883 \text{ gr/cm}^3$ por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano, el CBR del suelo estudiado por los autores fue 10,42% y aumentó a 11,42% y 28,10% por la adición de ceniza de hoja de plátano de 2% y 4% respectivamente, por lo que no hay coincidencia con los autores ya que el CBR del suelo estudiado fue de 5,70% y disminuyó a 5,37% y 5,04% por la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano.

Quiroz (2020) usó sal industrial con una pureza que varió de 97% a 99% de cloruro de sodio para estabilizar muestras de suelos, mientras que en la presente investigación se usó sal industrial similar al autor por tener pureza de 99,50% de cloruro de sodio. Los óptimos contenidos de humedad de las muestras de suelos estudiadas por el autor disminuyeron entre 0,24% y 1,60% por la adición de cloruro de sodio de 2%, por lo que se coincide con el autor ya que el óptimo contenido de humedad del suelo estudiado fue de 12,17% y disminuyó a 11,94% y 11,72% por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio por lo que hubo una disminución de 0,23 % y 0,45% respectivamente, las máximas densidades secas de las muestras de suelos estudiados por el autor aumentaron entre $0,016 \text{ gr/cm}^3$ y $0,033 \text{ gr/cm}^3$ por la adición de 2% de cloruro de sodio, por lo que se coincide con el autor ya que la máxima densidad seca del suelo estudiado fue de $1,894 \text{ gr/cm}^3$ y aumentó a $1,920 \text{ gr/cm}^3$ y $1,939 \text{ gr/cm}^3$

por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio por lo que hubo un aumento de 0,026 gr/cm³ y 0,045 gr/cm³ respectivamente , el CBR de las muestras de suelos estudiados por el autor aumentó entre 0,82% y 1,31% por la adición de cloruro de sodio de 2%, por lo que se coincide con el autor ya que el CBR del suelo estudiado fue de 5,70% y aumentó a 6,70% por la adición de 2%, por lo que aumentó por 1,00%, sin embargo por la adición de 4% de cloruro de sodio la muestra de suelo tuvo el CBR de 6,04%, por lo que aumentó 0,34%.

Chávez & Odar (2019), estabilizaron con cal hidratada una muestra de suelo de la carretera Oyón-Ambo en la progresiva 170+830, que tuvo óptimo contenido de humedad de 14,80% y por la adición de 7% y 10% de cal hidratada aumentó a 15,30% y 15,90%, mientras que en la presente investigación el óptimo contenido de humedad del suelo estudiado fue de 12,17% y disminuyó a 11,94% y 11,72% por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio, además la máxima densidad seca del suelo estudiado por los autores fue de 1,802 gr/cm³ y por la adición de 7% y 10% de cal hidratada aumentó a 1,852 gr/cm³ y 1,893 gr/cm³ respectivamente, mientras que en la presente investigación la densidad seca del suelo estudiado fue de 1,894 gr/cm³ y aumentó a 1,920 gr/cm³ y 1,939 gr/cm³ por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio, finalmente el CBR de la muestra de suelo estudiado por los autores fue 6% y con la adición de 7% y 10% de cal hidratada aumentó a 31,80% y 43,30% respectivamente, mientras que el CBR del suelo estudiado fue de 5,70% y aumentó a 6,70% y 6,04%. por la adición de 2% y 4% de cloruro de sodio respectivamente, evidenciando el gran aumento del CBR del suelo por la adición de cal hidratada a comparación del cloruro de sodio.

López & Ortiz (2018) estabilizaron con cal a dos muestras de suelo en la urbanización San Luis del Distrito de Abancay, que tuvieron CBR de 8,75% y 16,75%, y por la adición de 2% de cal el CBR aumenta aproximadamente por 10% en las dos muestras, y con la adición de 4%, 6% y 8% de cal el CBR aumenta significativamente, mientras que en la presente investigación la adición de 2% de cloruro de sodio el CBR del suelo aumenta por 1% pero por la adición de 4% de cloruro de sodio el CBR es mayor al del suelo natural por 0,34%.

V. CONCLUSIONES

La subrasante de la vía urbana el Pinar – puente Chahuaruri tramo III presentó un contenido de humedad de 7,50%, careció de plasticidad, se clasificó según SUCS como suelo SM con finos orgánicos por la presencia mayoritaria de arena, ser color negro y por el olor; se clasificó según AASHTO A-2-4(0), su óptimo contenido de humedad fue de 12,17%, su máxima densidad seca fue de 1,894 gr/cm³ y el CBR del suelo fue de 5,70.

La hoja de plátano presentó una pérdida de 86% respecto a la masa inicial al ser calcinada, además existe picos endotérmicos a 100°C, 200°C, 400°C y 850°C lo que evidencian posibles cambios de fase y cambios en las características del material, además la ceniza de hoja de plátano, por tener la suma de SiO₂, Fe₂O₃ menor al 50%, no se le considera puzolana, mientras que el cloruro de sodio utilizado fue sal industrial que provino de agua de mar y que tuvo una pureza de 99,50% con una humedad de 1%.

La adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano a la muestra de suelo aumentó el óptimo contenido de humedad de 12,17% a 12,29% y 12,42%, disminuyó la densidad máxima seca de 1,894 gr/cm³ a 1,888 gr/cm³ y 1,883 gr/cm³ y disminuyó el CBR de 5,70% a 5,37% y 5,04% respectivamente, por lo que la adición de ceniza de hoja de plátano es inadecuada para la estabilización de la subrasante de la vía urbana el Pinar – puente Chahuaruri tramo III.

La adición de 2% y 4% de cloruro de sodio a la muestra de suelo disminuyó el óptimo contenido de humedad de 12,17% a 11,94% y 11,72%, aumentó la densidad máxima seca a de 1,894 gr/cm³ a 1,920 gr/cm³ y 1,939 gr/cm³ y aumentó el CBR de 5,70% a 6,70% y 6,04% respectivamente, por lo que la adición de 2% de cloruro de sodio es la más adecuada para la estabilización de suelos de la subrasante de la vía urbana el Pinar – puente Chahuaruri tramo III ya que aumenta más el CBR del suelo que con la adición de 4%.

La adición de 2% y 4% de cloruro de sodio tienen un impacto positivo en la estabilización de la subrasante de la vía urbana el Pinar – puente Chahuaruri tramo III

ya que aumenta el CBR de la muestra del suelo por 1,00% y 0,34% respectivamente, sin embargo, la adición de 2% y 4% de ceniza de hoja de plátano disminuye el CBR por 0,33% y 0,66% respectivamente.

VI. RECOMENDACIONES

Evaluar en la subrasante vía urbana el Pinar – Puente Chahuaruri tramo III otros agentes estabilizadores y comprar el precio de la construcción de una pavimentación con la estabilización de cloruro de sodio y saber cuál de ellos produce menor gasto económico y menor impacto ambiental.

Caracterizar el cloruro de sodio de diferentes salineras y evaluar su impacto en la estabilización de subrasantes, hallar también la composición química de ceniza de hoja de plátano provenientes de diferentes lugares, calcinadas a diferentes temperaturas y a diferentes tiempos para hallar una posible puzolana.

En la estabilización de suelos para uso de sub base o base en el pavimento se requiere CBR de 40% y 80 % mínimo respectivamente, por lo que se puede requerir de la adición de cemento o cal, sin embargo, se puede reducir su uso si se combina con puzolanas.

Considerar en subrasantes de carreteras con CBR entre 5% y 6% la estabilización con cloruro de sodio, ya que esta puede aumentar aproximadamente 1% el CBR, y obtener el 6% de CBR mínimo establecido por el MTC (2013) para subrasantes, sin embargo, no es recomendable hacer la adición de cloruro de sodio en capas como base o sub base por requerir CBR de mayor magnitud.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Baena, G. (2017). *Metodología de la Investigación*. México. Obtenido de http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Braja, M. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. Stanford, USA. Obtenido de https://www.academia.edu/37854899/Fundamentos_de_Ingenieria_Geotecnica_Braja_M_Das
- Cárdenas, F. (2009). *Informe Final de Consultoría "Estudio del Mercado de la Cadena de Plátano"*. Perú. Obtenido de http://agroaldia.minagri.gob.pe/biblioteca/download/pdf/manuales-boletines/banano/estudio_platano.pdf
- Cohen, N., & Gómez, G. (2019). *Metodología de la investigación ¿Para qué?* Buenos Aires, Argentina. Obtenido de http://biblioteca.clacso.edu.ar/clacso/se/20190823024606/Metodologia_para_que.pdf
- Coronado Iturbide, J. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*. Guatemala. Obtenido de <http://repositorio.mopt.go.cr:8080/xmlui/bitstream/handle/123456789/4114/625.7-38.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Emeka, N., & Olufikayo, A. (2016). *Journal of Engineering and Technology- Geotechnical Properties of Lateritic Soil Stabilized with Banana Leaves Ash*. Akure, Nigeria. Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/235186016.pdf>
- Hernández, S., Baptista, C., & Fernández, P. (2014). *Metodología de la Investigación*. México. Obtenido de https://periodicooficial.jalisco.gob.mx/sites/periodicooficial.jalisco.gob.mx/files/metodologia_de_la_investigacion_-_roberto_hernandez_sampieri.pdf
- Kanning, R., Portella, K., da Costa, M., & Puppi, R. (2011). *Evaluation of Pozzolanic Activity of Banana Leaf Ash*. Porto, Portugal. Obtenido de <https://www.irbnet.de/daten/iconda/CIB22508.pdf>
- Kanning, R., Portella, K., Bragança, M., Bonato, M., & dos Santos, J. (2014). *Banana leaves ashes as pozzolan for concrete and mortar of Portland*. Paraná, Brasil.

- Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0950061813011860?via%3Dihub>
- Lambe, T., & Whitman, R. (1969). *Mecánica de Suelos*. USA. Obtenido de https://www.u-cursos.cl/usuario/c19094b1ea89f1f08e243796b671e2e5/mi_blog/r/Mec_nica_de_suelos_Lambe_y_Whitman.pdf
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*. Perú. Obtenido de http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf
- MTC. (2016). *Manual de ensayo de Materiales*. Perú. Obtenido de https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Muelas Rodríguez, Á. (2001). *Manual de Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Obtenido de <https://civilarq.com/libro/manual-de-mecanica-de-suelos-y-cimentaciones-angel-muelas-rodriguez/>
- Niño, V. (2011). *Metodología de la Investigación*. Bogotá, Colombia. Obtenido de <http://roa.ult.edu.co/bitstream/123456789/3243/1/METODOLOGIA%20DE%20LA%20INVESTIGACION%20DISENO%20Y%20EJECUCION.pdf>
- Olutaiwo. (2017). *Effect of Banana Leaf Ash on Cement - Modified Lateritic Soil*. Nigeria. Obtenido de <https://media.neliti.com/media/publications/264983-effect-of-banana-leaf-ash-on-cement-modi-c3e3280c.pdf>
- Redacción EC. (27 de 07 de 2018). INEI: Producción agropecuaria en mayo crece a mayor tasa desde 2012. *El Comercio*. Obtenido de <https://elcomercio.pe/economia/peru/inei-produccion-agropecuaria-mayo-crece-mayor-tasa-2012-noticia-540651-noticia/>
- Rivera, W. (2013). *Tesis: Correlación del Valor de Soporte de California (CBR) con la Resistencia a la Compresión Inconfinada y la Plasticidad del Suelo*. Universidad del Valle, Santiago de Cali, Colombia. Obtenido de <https://bibliotecadigital.univalle.edu.co/bitstream/handle/10893/7832/CB-0478826.pdf;jsessionid=7ED8DB4EA02CD35A2CAA73B0CE8B1BD7?sequence=1>

Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Ciudad de México, México.

Obtenido de <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>

Zambrano, W. (2016). *Diseño Estructural de Pavimentos*. Machala, Ecuador.

Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/6744>

AGRADECIMIENTOS

A mis padres Carlos y Laura quienes con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía y de no temer a las adversidades.

A mi hermano Juan Carlos por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento. A toda mi familia porque con sus deseos, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona.

ANEXOS Y APÉNDICE

Anexo 1 Análisis termo gravimétrico y análisis calorímetro de la hoja de plátano.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERÍA
Laboratorio de Polímeros

Trujillo, 06 de setiembre del 2020

INFORME N° 96 - SET 20

Solicitante: Luis Arturo Miranda Núñez - Universidad San Pedro

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Hoja de plátano (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	HP-96S	17.8 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

- Análisis térmico por calorimetría diferencial de barrido DSC/ Análisis térmico Diferencial DTA.
- Análisis Termogravimétrico TGA.

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG_DTA_DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys_Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 900 °C.
- Masa de muestra analizada: 17.8 mg.

Jefe de Laboratorio: Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable: Ing. Danny Chávez Novoa

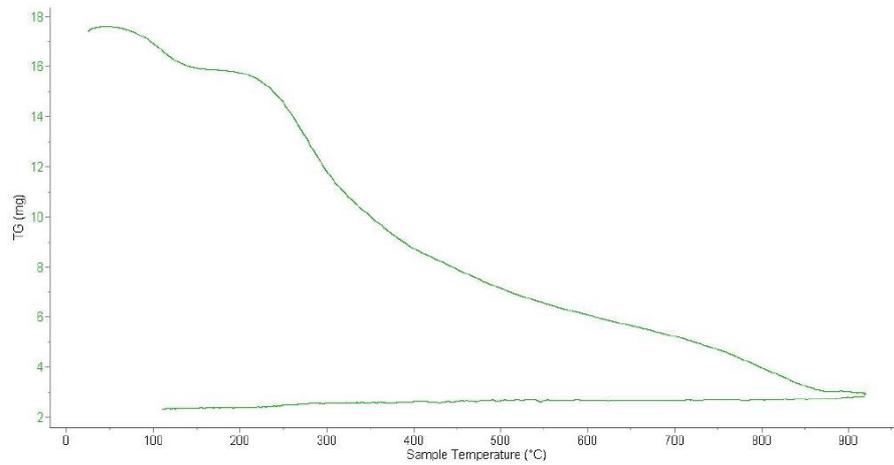


Trujillo, 06 de setiembre del 2020

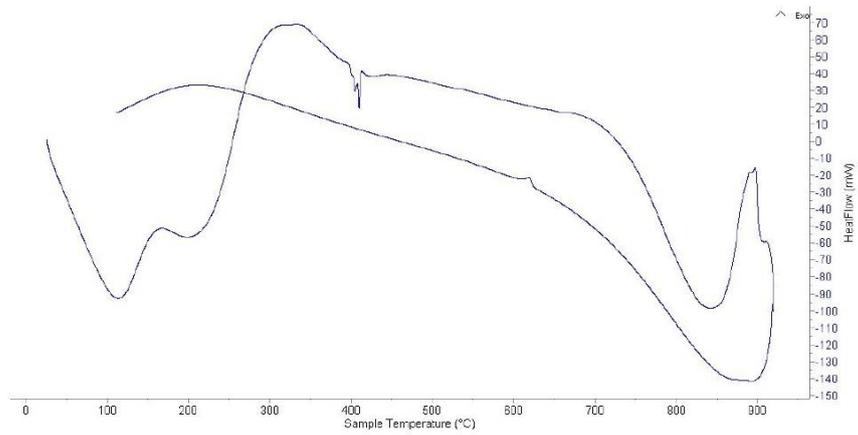
INFORME N° 96 - SET 20

4. Resultados:

I- Curva de pérdida de masa - Análisis Termo gravimétrico.



II- Curva Calorimétrica ATD





Trujillo, 06 de setiembre del 2020

INFORME N° 96 - SET 20

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una dos importantes caídas de la masa del material, la primera en un rango de temperatura entre 80 y 120°C y la segunda, la cual es la caída más intensa, se registra entre 230 y 500°C, desacelerándose poco a poco la velocidad de pérdida. El material presenta una pérdida total de aproximadamente 86% respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra un primer pico endotérmico en torno a 100°C y uno de menos intensidad a 200°C, posteriormente un pico a 400°C y posteriormente a 850°C, lo que podría evidenciar posibles cambios de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 06 de setiembre del 2020

Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Anexo 2 Análisis químico de ceniza de hoja de plátano.



UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA
FACULTAD DE CIENCIAS
LABICER (Laboratorio N° 12)
ANÁLISIS QUÍMICO, CONSULTORÍA E INVESTIGACIÓN



INFORME TÉCNICO N° 0691 – 20 – LABICER

1. **DATOS DEL SOLICITANTE**
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : LUIS ARTURO MIRANDA NÚÑEZ
 - 1.2 DNI : 73094336
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS**
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 08 / 09 / 2020
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 17 / 09 / 2020
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 22 / 09 / 2020
3. **ANÁLISIS SOLICITADO** : COMPOSICIÓN QUÍMICA POR ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE DEL ENSAYO**
 - 4.1 IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZAS DE HOJA DE PLATANO
5. **LUGAR DE RECEPCIÓN** : LABORATORIO LABICER - FACULTAD DE CIENCIAS
6. **CONDICIONES AMBIENTALES** : Temperatura: 23.0 °C; Humedad relativa: 65%
7. **EQUIPOS UTILIZADOS** : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X de energía Dispersiva. SHIMADZU, EDX 800HS.
8. **RESULTADOS**
 - 8.1 **ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA ELEMENTAL**

ELEMENTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	38.82	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Potasio, K	29.39	
Silicio, Si	16.78	
Magnesio, Mg	9.60	
Fósforo, P	2.78	
Azufre, S	1.62	
Manganeso, Mn	0.67	
Hierro, Fe	0.23	
Estroncio, Sr	0.07	
Zinc, Zn	0.03	
Zirconio, Zr	0.01	

⁽¹⁾Resultados del análisis elemental por espectrometría de fluorescencia de rayos X (Barrido del sodio al uranio).

8.2 ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO EN ÓXIDOS

COMPUESTO	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Óxido de potasio, K ₂ O	51.85	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X ⁽¹⁾
Óxido de magnesio, MgO	17.55	
Óxido de calcio, CaO	17.38	
Óxido de silicio, SiO ₂	9.91	
Óxido de fósforo, P ₂ O ₅	2.64	
Óxido de manganeso, MnO	0.38	
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0.16	
Óxido de azufre, SO ₃	0.11	
Óxido de estroncio, SrO	0.02	
Óxido de zinc, ZnO	0.01	
Óxido de Zirconio, ZrO ₂	0.01	

⁽¹⁾ Balance de resultados de óxidos calculados del análisis elemental.

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

Los resultados de este Informe técnico son válidos solo para la muestra proporcionada por el solicitante del servicio en las condiciones indicadas del presente informe técnico.

Bach. Fabio Jurado
Analista
LABICER –UNI

M.Sc. Otilia Acha de la Cruz
Responsable del análisis
Jefe de Laboratorio
CQP 202

(*) El Laboratorio no se responsabiliza del muestreo ni de la procedencia de la muestra.

ANEXO



Figura 1. Muestra de cenizas de hoja de plátano.



Figura 2. Equipo de Espectrofotometría de Fluorescencia de Rayos X.

FICHA TECNICA – SAL INDUSTRIAL REJYRA

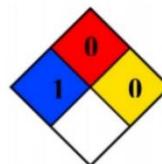
1. Generalidades:

a) **Nombre comercial:** Sal Industrial Rejyra

b) **Descripción del producto:** Constituido por el cloruro de sodio proveniente de fuentes naturales (agua de mar)

c) **Composición química:**

- Pureza 99,5%
- Humedad 1,00 %
- Sulfatos 3500 ppm máximo
- Magnesio 1000 ppm máximo
- Calcio 1000 ppm máximo



2. Propiedades físico- químicas:

a) **Aspecto:** gránulos Finos

b) **COLOR:** Blanco hueso

3.- Vida útil esperada:

Es un producto mineral que tiene un tiempo de vida útil indefinido.

4.- **Almacenamiento:** Conservar en lugar fresco, seco y protegido de la luz

5.- PRESENTACIÓN:

Saco de polipropileno de 50 kilos.



6.- PROCEDIMIENTO DE SEGURIDAD

Por favor estas recomendaciones de seguridad manténgalo fuera del alcance de los niños.

PRECAUCIONES

El contacto con Sal Industrial Rejyra puede irritar la piel y los tejidos. Evite el contacto, ingestión o inhalación de este producto.

- 1.- Use anteojos protectores si penetra en sus ojos, enjuáguelos inmediatamente varias veces con agua y obtenga atención médica pronto.
- 2.- Use mascarilla cuando se exponga al polvo .
- 3.- Proteja la piel con botas, guantes, y ropa adecuada.
- 4.- Evite el contacto prolongado en su piel. Lave su piel inmediatamente después de cualquier contacto con Sal industrial Rejyra.
- 5.- Si la Sal industrial Rejyra es ingerido beba gran cantidad de agua inmediatamente o induzca a vomitar. Obtenga inmediatamente atención médica.
- 6.- No fume mientras este utilizando Sal industrial Rejyra

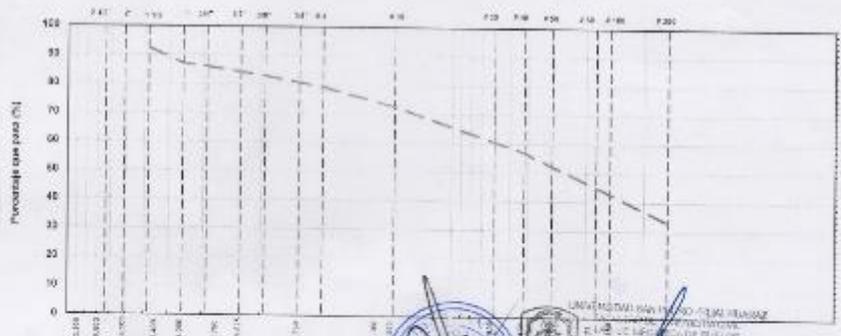


Anexo 4 Resultados de laboratorio de suelos.



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO								
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422, NTC E 204)								
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS								
TEST:	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Ceniza de Hoja de Platano y con Cloruro de Sodio"							
SOLICITA:	Bach. Miranda Niño, Luis Arturo							
ELEMENTO:	Bodega			HECHO POR:	L. L. U.S.P.			
CANTERA:				ING. RESP.:	L. J. S. M.			
PROY. (N.º):				FECHA:	1/25/20			
DATOS DE LA MUESTRA								
CALCETA:	1			CANTIDAD MOJADA:	2			
FUMINGO:	21 SUELOS			PESO MOJADO:	4342.0 g			
KIL:				FRACCIÓN LAVADA SECA:	3475.0			
PROFUND.:								
MM	ANILLO INT.	PESO	RETENIDO	EN PESO	PERCENTUAL	PERCENTUALS	FORMULA DE TRABAJO	DEFINICIÓN DE LA MUESTRA
75	80.00							
75	75.200							
75	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0			% Paso Medio: 10.0%
75	50.000	0.0	0.0	0.0	100.0			% Paso Grueso: 10.1%
75	38.125	520.0	1.2	7.6	92.4			% Retenido (L): 0.0%
75	25.425	220.0	5.4	12.9	87.1			% Retenido (P): 0.0%
75	19.000	44.0	1.0	14.0	86.0			% Retenido (T): NP
150	12.700	22.0	9	15.8	84.2			Clasificación (L): SN
200	9.875	54.0	2	17.1	82.9			Clasificación (P): SN
250	8.325	74.0	2.2	19.3	80.7			Clasificación (T): A-2-1(1)
300	7.750	68.0	1.6	20.0	79.1			% Humedad: 7.8%
400	5.000	233.0	0.8	27.5	72.5			
475	1.93	200.0	4.8	32.2	67.7			
600	0.850	191.0	3.0	35.2	64.7			
750	0.600	174.0	4.0	36.2	63.7			
900	0.420	160.0	3.7	43.0	57.0			
1060	0.300	159.0	4.6	47.6	52.4			
1250	0.175	174.0	4.0	51.0	49.0			
1500	0.150	287.5	0.8	51.8	47.5			
1900	0.075	405.0	0.3	68.9	31.1			
2000	0.000	1478.0	35.1	100				
FRACCIÓN FINA:	3475.0							
TOTAL:	4342.0							

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - CHIMBOTE
 INSTITUTO TECNOLÓGICO DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 Ing. Jesús Augusto Soto Montes
 C.P. 70761
 JEFE

HUMEDAD NATURAL (NORMA: ASTM D 2216, MTC E 108, 2003)					
LABORATORIO MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS					
TESIS :	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Ceriza de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"				
SOLICITA :	Bach. Miranda Nómez, Luis Arturo			Fecha : 25/05/2020	
MATERIAL :	SUELO PATRON			Realizado por : USP LAB.	
CALICATA :	N° 01.			Revisado por : JMS	
				Certificado N° : USP LAB.	
DATOS DE LA MUESTRA					
UBICACIÓN :				TAMAÑO MAXIMO :	
MUESTRA :				CERTIFICADO	
PROF. (m) :					
N° ENSAYOS					
N° TARRIO		28	5	12	PROMEDIO
PESO TARRIO + SUELO HUMEDO (g)		1050.00	895.50	871.50	
PESO TARRIO + SUELO SECO (g)		898.00	857.50	824.00	
PESO DE AGUA (g)		152.00	138.00	147.50	
PESO DEL TARRIO (g)		105.00	108.40	104.20	
PESO DEL SUELO SECO (g)		832.20	800.10	659.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		7.75	7.50	7.20	

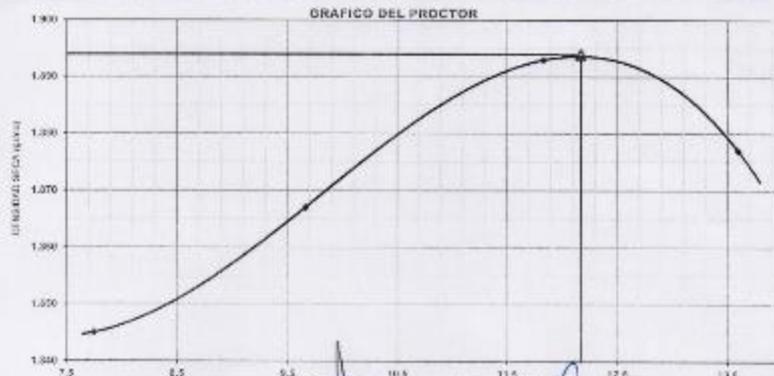
Observaciones:



UNIVERSIDAD SAN PEDRO - ELIO HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
VERIFICACIONES

Ing. José S. ...
C. 7070
JMS

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO				
AASHTO - T-100				
TIPO	: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Hoja de Platano y con Cloruro de Sodio"			
SOLICITA	: Bach. Miranda Núñez, Luis Arturo			Fecha: 24/09/2024
MATERIAL	: SUELO PATRÓN			Realizado por: USP LAB.
CALCATA	: N° 01			Revisado por: J.V.S. Certificado N°: USP LAB.
Capas / Capas:	25	Peso de martillo:	4.08	Altura de Molde (cm):
Numero de Capas:	3	Diámetro de Molde (cm):	15.2	Numero de golpes:
				11.70
			Volume de molde (cm ³):	2105.00
MÉTODO: "A"				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2105	PESO DEL MOLDE (gr)		9155
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3
PESO SUELO + MOLDE (gr)		10073	10757	10944
PESO DEL MOLDE (gr)		5480	5480	5486
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)		4185	4310	4456
CONTENIDO HUMEDO (gr/100)		1.285	2.047	2.117
CONTENIDO SECO (gr/100)		1.245	1.882	1.853
CONTENIDO DE HUMEDAD				
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	9	7	12	10
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	1063.50	924.00	907.50	1022.00
PESO DE LA TARA (gr)	953.50	877.00	954.00	1130.00
PESO DE AGUA (gr)	100.00	100.00	150.00	90.00
PESO DE SUELO SECO (gr)	24.50	30.50	27.50	24.00
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.08	3.28	5.45	3.75
PESO VOLUMEN SECO SECO	1.245	1.882	1.853	1.877
DENSIDAD MÁXIMA SECA:	1.894	GRCC	HUMEDAD ÓPTIMA:	12.17





 Ing. Jesús Ernesto Sotelo Alarcón
 CIP: 70751
 JEFE



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR
NORMA ASTM D 1557, GASHTO T-193

Título: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Horno de Plomo y del Cloruro de Sodio"
 SOLICITA: **Bach. Miranda Niño, Luis Arturo**
 MATERIA: SUELO-PAVIMENTOS
 CALIFICATA: N° 01
 Fecha: 20/05/2023
 Realizado por: USP LAB
 Revisado por: JMS
 Certificado por: USP LAB.

		1		2		3	
		5	25	5	25	5	25
Moeda N°							
N° Cazo							
Ocholes por cazo N°							
Cuota de la muestra							
Peso mojado - suelo húmedo	(gr)	3265	3295	3231	3208	3204	3218
Peso de agua	(gr)	795	793	752	752	747	797
Peso del suelo húmedo	(gr)	4222	4222	4179	4186	4104	4210
Volumen de moeda	(cm ³)	2037	2037	2037	2037	2037	2037
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.073	2.073	2.049	2.057	2.013	2.063
Humedad	(%)	18.85	18.71	17.95	17.92	17.88	18.71
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.880	1.880	1.887	1.888	1.881	1.810
Tiempo N°		31	32	33	34	35	36
Tiempo - Suelo húmedo	(gr)	390.8	431.6	392.8	376.3	431.7	436.7
Tiempo - Suelo seco	(gr)	486.8	753.6	473.8	418.6	451.1	415.8
Peso del agua	(gr)	61.03	27.43	70.03	63.33	80.53	37.27
Peso del tiempo	(gr)	164.3	164.3	171.2	188.2	198.8	166.2
Peso del suelo seco	(gr)	252.7	369.2	406.8	390.7	451.2	493.8
Humedad	(%)	11.65	12.2	11.55	12.42	11.68	15.41
Proporción de Humedad	(%)	11.65	12.2	11.55	12.42	11.68	15.41

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION (mm)	CAMPA	MOLDE N°											
		1			2			3			4		
		STAND	Lectura	Carga Ensayo	Lectura	Carga Ensayo	CDS	Lectura	Carga Ensayo	CDS	Lectura	Carga Ensayo	CDS
0.80			1.8	0.35			1.8	0.35				1.8	0.35
0.20			19.3	0.45			19.3	0.45				19.3	0.45
0.40			37.5	1.35			37.5	1.35				37.5	1.35
0.75			55.2	1.85			55.2	1.85				55.2	1.85
1.00	75.5	18	77.5	4.02	5.20	12	54.3	2.28	3.58	3	46.1	2.26	3.28
1.25			122.5	6.45			122.5	6.45				122.5	6.45
1.50	105.2	27	175.0	9.04	8.17	25	126.3	7.98	6.72	23	105.0	5.64	6.30
1.75			230.0	10.61			177.0	8.11			161.3	7.12	
2.00			290.8	12.44			235.2	10.67			172.0	8.54	
2.25			367.5	15.61			286.3	12.21			208.8	10.11	
2.50			486.7	19.52			354.5	15.43			272.7	11.84	

19/05/2023
 SEMINARIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 UNIVERSIDAD SAN PEDRO

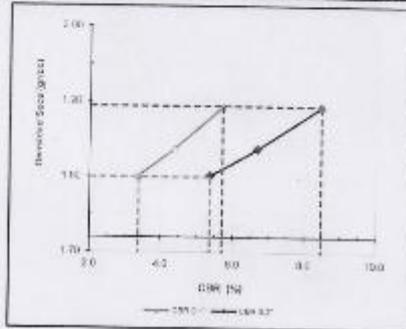


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

TITULO	: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cemento de Hoja de Plátano y con Cemento de Seda"	Informe N°	LAB-UN-19
SOLICITA	: Bach. Miranda Nuñez, Luis Arturo	Fecha:	25-04-19
MATERIAL	: SUELO FV7000	Realizado por:	USP LAB
CALCULATA	: N° 01	Revisado por:	J.M.S
		Controlado por:	USP LAB

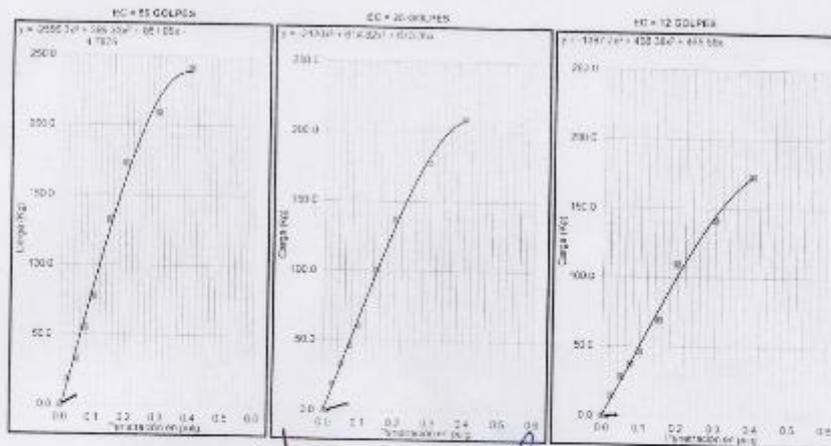
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



CBR AL 10% DE M.D.S. (%)	R.T:	5.7	0.2	0.5
CBR AL 90% DE M.D.S. (%)	M.T:	3.4	0.2	0.3

Datos del Proceso	
Densidad Seda	1.094 g/cm ³
Contenido Humedad	12.17 %

OBSERVACIONES:



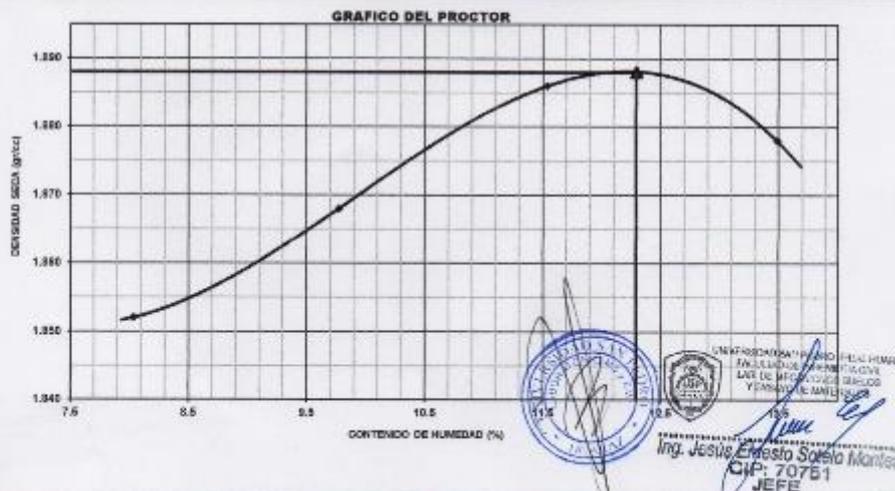
[Handwritten signature]
Ing. Jesús Estrella Sotelo Montes
CIP: 70781
JREF

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-150

TEMA :	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"		
SOLICITA :	Bach. Miranda Néstor, Luis Arturo	Fecha :	16/10/2020
MATERIAL :	Suelo + 2% cenizas de hoja de plátano	Realizado por :	USP LAB.
CALICATA :	N° 01	Revisado por :	J.S.M.
		Certificado N° :	USP LAB.

Golpes / Capas:	25	Peso de martillo:	4.54	Altura de Molde (cm):	11.75
Numero de Capas:	3	Diametro de Molde (cm):	15.2	Volumen de molde (cm ³):	2106.00

MÉTODO: "A"												
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2105				PESO DEL MOLDE (gr.)		6488					
NUMERO DE ENSAYOS					1	2	3	4				
PESO SUELO + MOLDE (gr)	10700				10605	10515	10674					
PESO DEL MOLDE (gr)	6478				6485	6485	6490					
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	4212				4317	4427	4488					
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.001				2.091	2.103	2.131					
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.852				1.895	1.890	1.878					
CONTENIDO DE HUMEDAD												
RECIPIENTE Nro.	37			38	39	25						
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	981.00			979.00	934.50	1019.90						
PESO SUELOS SECO + TARA (gr)	920.50			907.00	885.00	917.00						
PESO DE LA TARA (gr)	167.00			170.10	185.20	181.30						
PESO DE AGUA (gr)	60.50			72.00	79.50	101.60						
PESO DE SUELO SECO (gr)	752.00			736.90	699.20	748.70						
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.04			9.77	11.54	13.48						
PESO VOLUMETRICO SECO	1.852			1.898	1.880	1.878						
DENSIDAD MAXIMA SECA:	1.888			gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:							12.29





USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR
NORMA ASTM D 1557, AASHTO T-193

TITULO: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Hoja de Plátano y con Cenizas de Soda"
SOLICITA: RICH, MIRANDA NUÑEZ, LUIS ARTURO
MATERIAL: Suelo + 2% cenizas de hoja de plátano
CALCATA: N° 01
Fecha: 18/10/2022
Realizado por: USP LAB.
Revisado por: J.B.B.
Certificado N°: USP LAB.

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12263	12273	12081	12138	12011	12192
Peso de molde (gr)	7981	7981	7972	7972	7971	7971
Peso del suelo húmedo (gr)	4282	4312	4109	4166	4040	4155
Volumen del molde (cm ³)	2037	2037	2016	2016	2041	2041
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.107	2.117	2.039	2.067	1.979	2.050
Humedad (%)	11.87	12.04	11.70	12.48	11.59	13.35
Densidad seca (gr/cm ³)	1.887	1.890	1.826	1.839	1.773	1.809
Tarro N°	14	6	4	36	11	5
Tarro + Suelo húmedo (gr)	859.0	836.0	822.0	822.0	856.0	870.0
Tarro + Suelo seco (gr)	786.0	763.6	762.6	873.6	784.5	788.5
Peso del Agua (gr)	73.00	71.50	89.50	88.50	71.50	83.50
Peso del tarro (gr)	180.8	189.6	188.4	184.2	187.5	181.1
Peso del suelo seco (gr)	626.7	624.0	624.1	709.3	617.0	625.4
Humedad (%)	11.87	12.04	11.70	12.48	11.59	13.35
Promedio de Humedad (%)	11.87	12.04	11.70	12.48	11.59	13.35

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hc.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3				
		Lectura Carra Ensayo	CSR %		Lectura Carra Ensayo	CSR %		Lectura Carra Ensayo	CSR %			
0.000	2	0.0	0.00		0	0.0	0.00		0	0.0	0.00	
0.250	3	10.0	0.86		3	10.0	0.86		2	14.4	0.75	
0.500	8	30.6	1.68		6	30.6	1.68		5	29.0	1.45	
0.750	10	50.7	3.02		8	41.0	2.15		7	37.1	1.80	
1.000	15	75.3	3.78	5.37	11	62.2	3.55	4.05	9	41.8	2.15	3.05
1.500	24	114.1	6.88		17	82.4	4.25		13	64.3	3.30	
2.000	35	154.9	9.00	7.60	24	114.1	6.88	5.69	19	91.4	4.72	4.42
2.500	49	186.5	9.64		35	153.9	8.47		26	123.1	6.36	
3.000	67	216.2	11.27		45	186.8	10.11		33	154.9	8.00	
4.000	94	249.9	12.91		65	227.3	11.74		41	191.1	9.81	
5.000	129	266.0	13.65		90	265.4	12.68		63	200.1	10.34	

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
 Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoyeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
 OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usrpedro.edu.pe - facebook: Universidad San Pedro

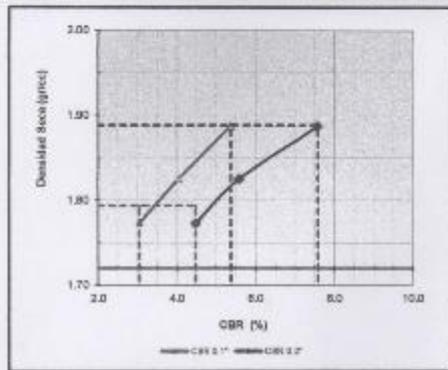


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

TESIS	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Ceras de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"		
SOLICITA	Dsch. Miranda Núñez, Luis Arturo		
MATERIAL	Suelo + 2% cenizas de hoja de plátano	Fecha	18-04-20
CAUCDATA	N° 01	Realizado por	USP LAB.
		Revisado por	J.S.M.
		Certificado N°	USP LAB.

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



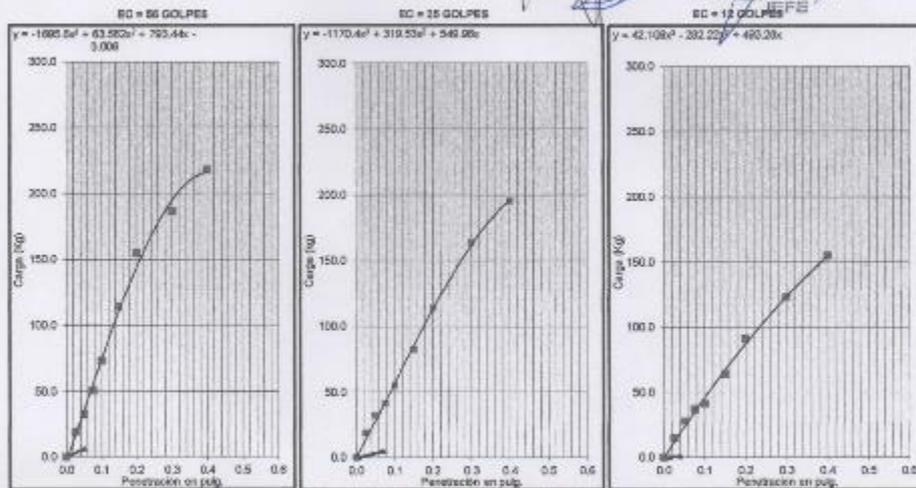
C.B.R. AL 100% DE M.O.S. (%)	0.1"	5.4	0.2"	7.6
C.B.R. AL 99% DE M.O.S. (%)	0.1"	3.0	0.2"	4.5

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.858 g/cm³
Optimo Humedad	12.29 %

OBSERVACIONES:

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y ESTRUCTURAS METEOROLOGICAS

Jesús Cristo Sotelo Montes
Ing. Jesús Cristo Sotelo Montes
CIP: 70751



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483520
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483617 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483610
Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoqueta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aquino y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook: Universidad San Pedro



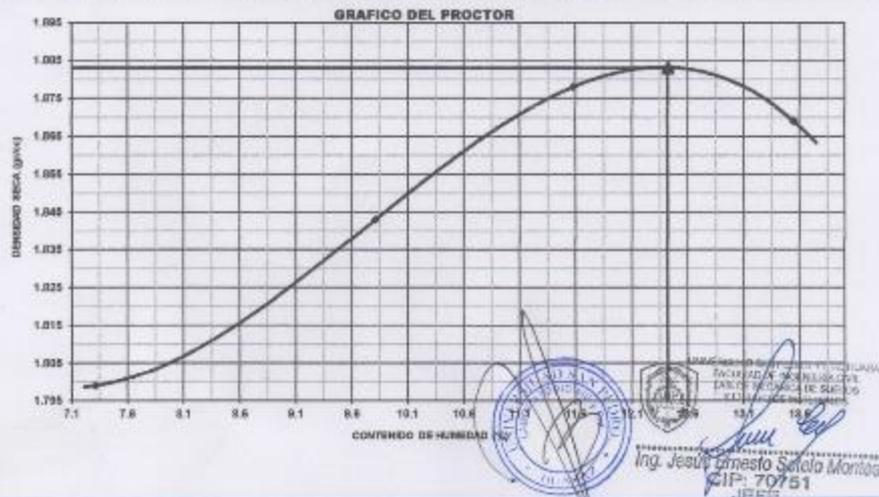
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-180

TESIS : "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"
SOLICITA : Bach. Mirinda Nieves, Luis Arturo
MATERIAL : Suelo + 4% cenizas de hoja de plátano
CALCATA : N° 01
 Fecha : 15/10/2020
 Realizado por : USP LAB.
 Revisado por : J.S.M.
 Certificado N° : USP LAB.

Culpas / Capas: 25 Peso de martillo: 4,54 Altura de Molde (cm): 11,70
 Numero de Capas: 3 Diametro de Molde (cm): 15,2 Volumen de molde (cm³): 2105,00

METODO : "A"				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	PESO DEL MOLDE (gr.) :			
2105	1	2	3	4
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE (gr)	10551	10747	10900	10978
PESO DEL MOLDE (gr)	8488	8485	8488	8488
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	4063	4259	4412	4490
DENSIDAD HUMEDA (g/cm ³)	1,930	2,023	2,098	2,123
DENSIDAD SECA (gram ³)	1,789	1,843	1,878	1,889
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE mm	20	21	24	2
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	1034,00	1004,50	1055,90	1070,00
PESO SUELOS SECO + TARA (gr)	975,00	930,00	958,50	926,00
PESO DE LA TARA (gr)	165,00	170,50	167,90	165,00
PESO DE AGUA (gr)	59,00	74,50	85,00	103,00
PESO DE SUELO SECO (gr)	805,50	759,50	820,70	782,10
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7,32	9,81	11,58	13,55
PESO VOLUMETRICO SECO	1,789	1,843	1,878	1,889
DENSIDAD MAXIMA SECA: 1,883 gr/cc	HUMEDAD OPTIMA: 12,42			



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 463320
 CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 463810
 Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
 OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR
NORMA ASTM D 1983, AASHTO T-193

TITULO: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Centa de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"
SOLICITA: Bach. Miranda Múner, Luis Arturo
MATERIAL: Suelo + 4% Centa de Hoja de Plátano
CALCATA: Nº 01
Fecha: 15/10/2020
Realizado por: USP LAB.
Revisado por: J.B.N.
Certificado Nº: USP LAB.

	1		2		3	
	5	5	5	5	5	5
Nº Capas	58		25		12	
Golpes por capa Nº	58		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	1225	1278	1290	1217	1201	1218
Peso de molde (gr)	781	781	797	797	797	797
Peso del suelo húmedo (gr)	424	435	410	419	400	419
Volumen del molde (cm ³)	2037	2037	2019	2019	2041	2041
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.106	2.118	2.039	2.067	1.984	2.059
Humedad (%)	12.01	12.44	11.84	12.71	12.12	13.93
Densidad seca (gr/cm ³)	1.882	1.884	1.823	1.834	1.770	1.805
Tarro Nº	14	8	4	38	11	3
Tarro + Suelo húmedo (gr)	855.1	855.1	884.8	884.8	882.4	888.2
Tarro + Suelo seco (gr)	875.8	888.7	898.1	812.0	894.1	843.0
Peso del Agua (gr)	84.30	86.40	86.30	82.40	88.30	85.20
Peso del tarro (gr)	188.9	174.2	188.8	183.6	186.6	169.8
Peso del suelo seco (gr)	701.9	854.5	728.8	648.8	728.6	683.2
Humedad (%)	12.01	12.44	11.84	12.71	12.12	13.93
Promedio de Humedad (%)	12.01	12.44	11.84	12.71	12.12	13.93

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION PFA	CARGA STAND (kg/cm ²)	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		Lectura Del (mm)	Carga Ensayo (kg)	kg/cm ²	CBR %	Lectura Del (mm)	Carga Ensayo (kg)	kg/cm ²	CBR %	Lectura Del (mm)	Carga Ensayo (kg)	kg/cm ²	CBR %
0.300	2	2.0	0.00		0	0.0	0.00		0	0.0	0.00		
0.350	3	19.0	0.08		3	19.0	0.08		3	19.0	0.08		
0.500	5	28.0	1.40		5	28.0	1.40		5	28.0	1.40		
0.750	8	46.1	2.36		8	41.9	2.10		0	0.0	0.00		
1.000	10	68.9	3.50	3.84	9	46.7	2.36	3.38	7	37.1	1.87	3.70	
1.500	15	109.9	5.60		10	77.9	4.00		10	69.7	3.08		
2.000	20	145.9	7.50	7.14	20	108.0	5.43	8.14	17	80.4	4.00	4.00	
2.500	25	173.0	8.64		25	150.3	7.77		24	114.1	5.89		
3.000	30	204.7	10.57		30	186.5	9.54		30	136.7	7.08		
4.000	40	240.9	12.44		40	222.0	11.01		38	182.0	9.40		
5.000	50	269.0	13.38		50	251.8	11.98		40	199.5	9.94		

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoyeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



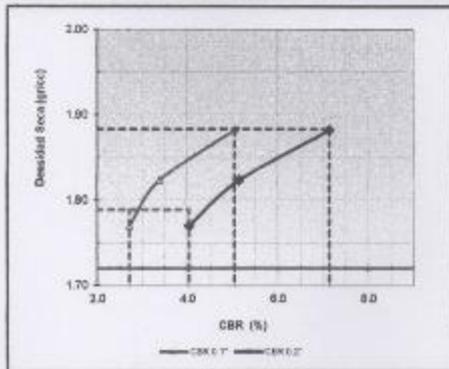
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

TEMA: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Ceniza de Hoja de Plátano y con Cloreto de Sodio"
SOLICITA: Bach. Miranda Nofel, Luis Arturo
MATERIAL: Suelo + 4% ceniza de hoja de plátano
CALCATA: N° 01

Fecha: 16-09-20
Realizado por: USP LAB.
Revisado por: J.S.M.
Certificado N°: USP LAB.

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



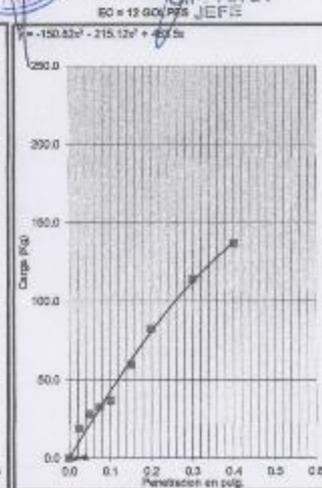
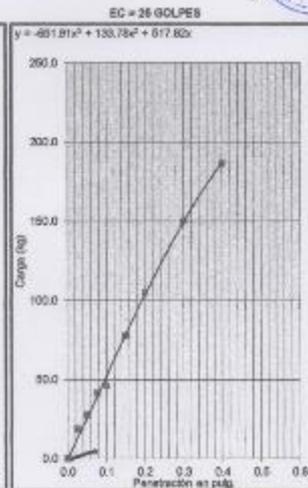
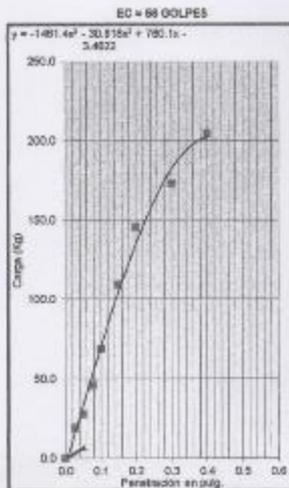
C.B.R. A. 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 5.0	0.2": 7.1
C.B.R. A. 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 2.7	0.2": 4.0

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.883 g/cm³
Optimo Humedad	12.42 %

OBSERVACIONES:



Ing. Josselyn Castro Sotelo Morales
C.P. 70761
EC = 12 GOLPES JEFIE



RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Tel.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Tel.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Tel.: (043) 483810
Nuevo Chimbote: Av. Pachico y Anchoveza Tel.: (043) 483802 / San Luis Tel.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/Universidad San Pedro



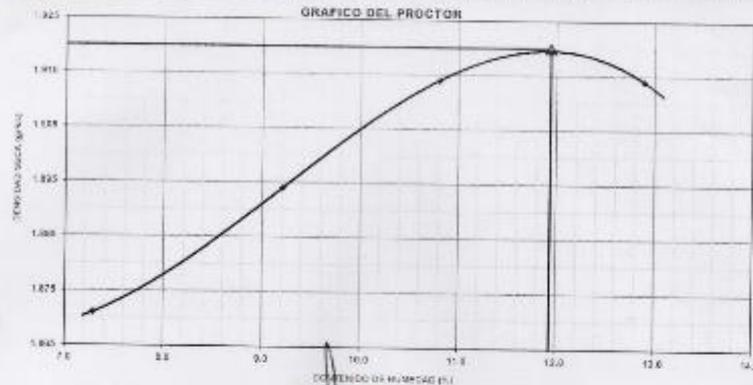
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
AASHTO - T-190

TITULO: "Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Ceniza de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"
SOLICITA: Back, Miranda Núñez, Luis Arturo
MATERIAL: Suelo + 2% ceniza de hojito
CALEFATA: N° 01
Fecha: 25/04/2020
Realizado por: USP LAB
Revisado por: J.S.M
Certificado por: USP LAB

Capas: 25 **Peso de molde:** 4.26 **Altera de molde (cm):** 11.73
Numero de Capas: 3 **Diámetro de molde (cm):** 15.2 **Volumen de molde (cm³):** 2106.93

MÉTODO T-190					
DIÁMETRO DEL MOLDE (cm)	PESO DEL MOLDE (gr):				
21.00	1	2	3	4	
NÚMERO DE FRACCIONES					
PESO SUELO + MOLDE (gr)	10714	10043	10543	11025	
PESO DEL MOLDE (gr)	5490	5455	5488	5486	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	4928	4355	4995	4548	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.007	2.009	2.121	2.192	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.871	1.894	1.974	1.974	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE (ml)	15	15	25	25	
PESO SUELO HUMEDO - TARA (gr)	939.52	1048.23	937.00	980.00	
PESO SUELO SECO - TARA (gr)	850.75	971.00	871.50	904.00	
PESO DE AGUA (gr)	188.77	177.23	66.50	76.00	
PESO DE SUELO SECO (gr)	751.75	853.77	805.00	828.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	25.11	20.64	8.26	9.18	
PESO VOLUMÉTRICO SECO	1.871	1.894	1.974	1.974	
DENSIDAD MÁXIMA SECA	1.920	gr/cc	HUMEDAD ÓPTIMA:		15.84



[Signature]
Ing. Jesus Emilio Sotelo Morales
C.P. 70781
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483810
Nuevo Chimbote: Av. Pacífico y Anchoyeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISIÓN: Esq. Aguirre y Espinar - Teléfono.: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR
NORMA AS/NZS 1583 AASITD T.183

TITULO: Analisis Comparativo de la Estructuras de Suelos con Cemento y Hoja de Platano y con Cimento de Seda
 SOLICITA: Badi Miranda Nolasco Luis Arturo
 FECHA: 26/02/2020
 MATERIA: Suelo y 2da. de las de suelo
 CALIFICADA: N° 21
 Elaborado por: URP LAB
 Revisado por: J.S.B.
 Certificado N°: USP/LAB

		1		2		3	
		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Tubo N°		14	8	4	30	11	2
Tubo + Suelo húmedo	(gr)	906.4	888.8	751.0	887.1	824.5	1014.8
Tubo + Suelo seco	(gr)	886.4	870.2	888.9	811.7	854.2	913.4
Peso del agua	(gr)	10.0	18.6	25.10	55.40	43.25	105.52
Peso del suelo	(gr)	107.8	172.2	181.3	168.0	158.4	160.9
Peso del agua seco	(gr)	255.6	166.4	234.5	842.3	665.5	740.0
Humedad	(%)	12.28	12.31	12.41	12.58	12.28	14.29
Proceso de Humedad	(%)	12.28	12.31	12.41	12.58	12.28	14.29

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION Pulg	CARGA STAND kg/cm²	MOLDE N° 1				MOLDE N° 2				MOLDE N° 3			
		Lectura	Carga	Ensayo	CSR	Lectura	Carga	Ensayo	CSR	Lectura	Carga	Ensayo	CSR
0.003													
0.007													
0.010													
0.017													
1.020	7000				870				588			587	240
1.430													
2.030	11300				930				158			1180	475
2.930													
3.630													
4.600													
5.900													

Ing. Jesús Ernesto Solís Morales
 N°P. 70761
 JEFER

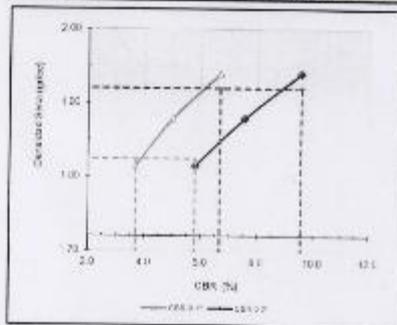


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE CBR
AASHTO 1-193

TESIS	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"	Informe N°: IAS 027 2020
AUTORIA	Bach. Miranda Nóbiz, Luis Arturo	Fecha: 25/04/20
MATERIAL	SUELO + 2% óxido de sodio	Realizado por: USP LAB
CALCATA	N° 01	Revisado por: J.B.M
		Controlado por: USP LAB

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

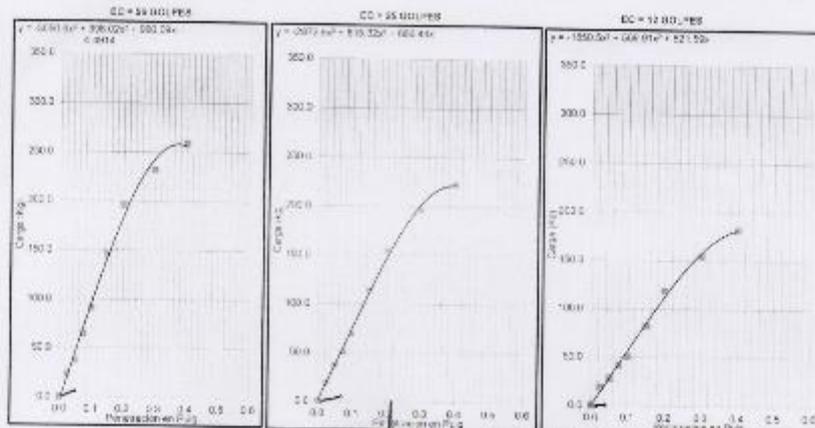


CBR AL 10% DE HUMEDAD	0.1"	8.7	0.2"	5.0
CBR AL 10% DE HUMEDAD	0.1"	3.7	0.2"	2.2

Datos del Píedra:

Densidad Seca	1.600	g/cm ³
Optimo Humedad	11.94	%

OBSERVACIONES:



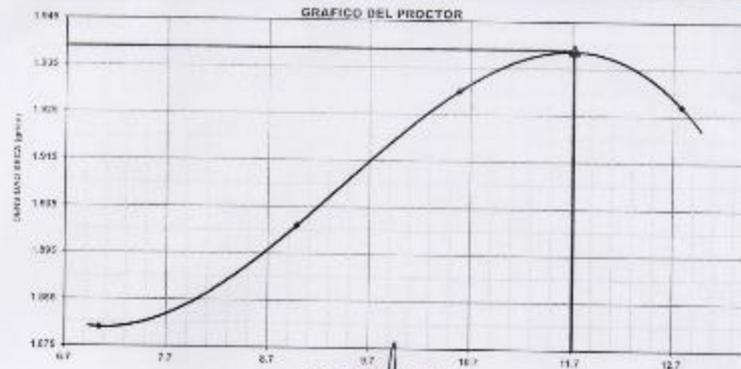
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 Ing. Jairo Ernesto Sampaio Montes
 CIP: 70781
 JEFE



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO AASHTO - T-180	
TESIS	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Ceniza de Hoja de Plátano y con Cloruro de Sodio"
BOUCITA	Bach. Miranda Núñez, Luis Arturo
MATERIAL	Suelo - 4% cloruro de sodio
BOUCATA	Nº 04
Fecha: 26/07/2020	
Realizado por: USP LAB	
Revisado por: U.S.M	
Certificado Nº: USP LAB	

Gr peso / Capas: 20 Peso de martillo: 4.24 Altura de caída (cm): 11.72
 Numero de Capas: 3 Diámetro de molde (cm): 10.2 Volumen de molde (cm³): 2106.20

MÉTODO "A"					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³)	2106	PESO DEL VOLÚMEN (gr)			
NUMERO DE ENSAYOS	1	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE (gr)	1072.5	1034.6	1038.0	1082.5	
PESO DEL MOLDE (gr)	64.00	64.00	64.00	64.00	
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO (gr)	428.5	430.6	448.0	457.5	
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.012	2.071	2.134	2.173	
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.879	1.901	1.933	1.927	
CONTENIDO DE HUMEDAD					
GRANDEZA	1	2	3	4	
PESO SUELO HUMEDO + TARA (gr)	884.20	883.25	888.30	914.80	
PESO SUELO SECO + TARA (gr)	800.40	807.52	820.90	841.25	
PESO DE LA TARA (gr)	170.00	185.00	187.30	186.25	
PESO DE AGUA (gr)	83.80	75.73	77.40	73.55	
PESO DE SUELO SECO (gr)	700.40	728.90	733.60	767.80	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.04	8.99	10.53	12.74	
PESO VOLUMÉTRICO SECO	1.879	1.921	1.933	1.927	
DENSIDAD MÁXIMA SECA	1.939	gr/cc		HUMEDAD ÓPTIMA	11.72



CONTROLES Y FIRMANAS

UNIVERSIDAD SAN PEDRO - CHIMBOTE
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS

Ing. Jee: *[Signature]*
 Ing. Jee: *[Signature]*
 NIP: 70751
 JEPF



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE LA RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA CBR
NORMA ASTM D 1587, AASHTO T-193

TITULO: "Análisis Comparativo de la Consolidación de Suelos con Cámara de Soporte (Platón)" Informe N°: LMS-49-1-2009
 AUTOR: Bach. Miranda Néstor Luis Astura Fecha: 2008/09/01
 MATERIAL: Suelo - 4% cemento de color Realizado por: USP - LMS
 CATEGORIA: A-2 Revisado por: J.S.P
Controlado N°: USP - LMS

MOLDE N°	N° Capas	Espesor por capa N°	Cont. de la muestra	1		2		3	
				NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + agua húmeda	gr	12100	10981	12199	12290	12194	12323	12323	
Peso de molde	gr	7907	700	7972	7972	7971	7971	7971	
Peso del agua húmeda	gr	4400	4478	4228	4284	4210	4398	4398	
Volumen del molde	cm ³	3039	3037	3015	3015	3041	3041	3041	
Densidad húmeda	gr/cm ³	2.194	2.154	2.087	2.128	2.024	2.140	2.140	
Humedad	%	11.44	11.89	11.27	12.09	10.23	14.21	14.21	
Densidad seca	gr/cm ³	1.962	1.947	1.885	1.891	1.833	1.877	1.877	
Índice N°		20	31	21	30	4	5	5	
Tarso + Suelo húmedo	gr	937.5	959.0	787.8	805.6	852.6	867.0	867.0	
Tarso + Suelo seco	gr	886.8	887.5	733.5	828.6	777.8	810.0	810.0	
Peso del agua	gr	79.70	61.50	154.30	77.00	74.80	57.00	57.00	
Peso del tarso	gr	162.5	163.0	100.0	172.3	184.4	175.0	175.0	
Peso del suelo seco	gr	856.2	723.5	633.5	651.3	603.0	653.0	653.0	
Humedad	%	11.30	11.56	11.27	12.00	12.55	14.01	14.01	
Porcentaje de humedad	%	11.44	11.89	11.27	12.09	10.23	14.21	14.21	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 2			MOLDE N° 3		
		Lectura	Carga Ensayo	coef	Lectura	Carga Ensayo	coef	Lectura	Carga Ensayo	coef
0.009	1	3.8	3.8	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
0.027	1	23.5	23.5	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
0.049	1	37.1	37.1	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
0.152	1	66.2	66.2	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
1.000	10.00	100.0	100.0	0.94	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
1.030	10.30	103.0	103.0	1.00	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
1.030	10.30	103.0	103.0	0.97	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
2.030	20.30	203.0	203.0	0.97	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
3.030	30.30	303.0	303.0	0.97	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
3.030	30.30	303.0	303.0	0.97	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
3.030	30.30	303.0	303.0	0.97	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00
3.030	30.30	303.0	303.0	0.97	0.0	0.00	0.00	0.0	0.0	1.00

Ing. Jesús Ernesto Sotelo Montes
 CIP: 70761
 JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Tel.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Tel.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Tel.: (043) 483810
Nuevo Chimbote Av. Pacífico y Anchoqueta Tel.: (043) 483802 / San Luis Tel.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espartero - Teléfono: 043 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

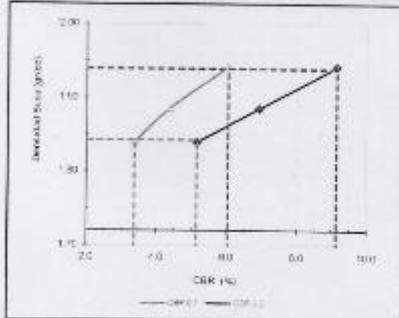


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ENSAYO DE CBR
AASHTO T-193

TITULO	"Análisis Comparativo de la Estabilización de Suelos con Cenizas de Hojas de Plátano y con Cloruro de Sodio"	Informe N°:	LAB 007 2020
SOLICITA	Bach. Miranda Náter, Luis Arturo	Fecha:	25-09-20
MATERIA	Suelos - Pavimentos de Suelo	Realizado por:	USP LAB
CALCULA	V. C.	Revisado por:	J. S. M.
		Calificado por:	USP LAB

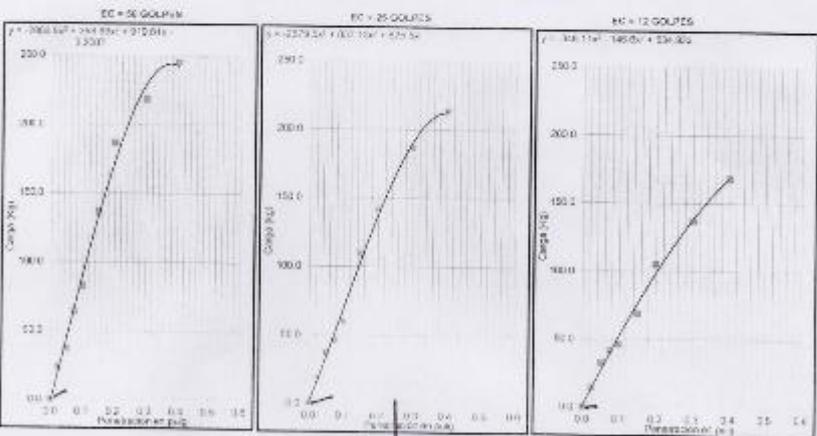
GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



C.B.R. AL 100% (C.M.T.R. (%))	1.4%	6.0	2.7	8.1
C.B.R. AL 55% DE M.M. (%)	3.4%	3.4	1.27	3.1

Datos del Proctor	
Densidad Seca	1.838 g/cm³
Optimo Humedad	11.27 %

OBSERVACIONES:





 Jefe de Laboratorio de Suelos y Pavimentos
 Ing. J. S. M. Santa Sofia Montes
 C.P. 70751
 JEFE

Anexo 5 Conceptuación y operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
Variable Dependiente Estabilización de Suelos	De acuerdo a Braja (2013) es un procedimiento que mejora las cualidades de ingeniería del suelo.	Será medida a través del ensayo CBR MTC E132	Resistencia Interna del suelo	Óptimo Contenido de Humedad (%)
				Máxima Densidad Seca (gr/cm ³)
				Relación de Carga California – CBR (%).
Variables Independientes Ceniza de Hoja de Plátano	Olutaiwo (2017) indica que es una puzolana débil por su composición química.	Será medida a través de su masa.	Ceniza de hoja de plátano	2 % de ceniza respecto a la masa del suelo
				4 % de ceniza respecto a la masa del suelo
Cloruro de Sodio	Según el MTC (2013) el cloruro de sodio es un compuesto inorgánico que puede estabilizar los suelos por mejorar la cohesión del suelo.	Será medida a través de su masa.	Cloruro de sodio	2 % de cloruro de sodio respecto a la masa del suelo
				4 % de cloruro de sodio respecto a la masa del suelo

Fuente: Elaboración propia, basada en el método del proyecto.

Panel Fotográfico



Figura 15 Hoja de Plátano que es utilizado como protector del plátano para el transporte – Mercado de Chaihua



Figura 14 Al ser descargado los plátanos las hojas de plátano son calcinadas al borde del río por ser considerado desperdicio.



Figura 16 Hoja de plátano



Figura 17 Tamizado de hoja de plátano para el análisis térmico diferencial



Figura 20 Muestreo mediante la excavación a cielo abierto de la calicata C-1



Figura 21 Calicata C-1