

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



Efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos en la carretera de Cantú-Huaraz.

Tesis para obtener el título profesional de ingeniero civil

Autor:

Lujerio Urbano, Lisbeth Yenny

Asesor:

Solar Jara, Miguel Ángel

Huaraz - Perú

2018

PALABRAS CLAVE

Tema	Estabilización De Suelos
Especialidad	Mecánica De Suelo

KEY WORDS

Theme	Soil Stabilization
Spcialty	Soil Mechanics

LINEA DE INVESTIGACION

Código	Línea
1.0	Ingeniería
2.0	Ingeniería y tecnología
2.1	Ingeniería civil

Título:

Efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos en la carretera de Cantú-Huaraz.

RESUMEN

El objetivo de esta investigación es determinar el efecto de adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar frente a un suelo patrón para ser estabilizado en la carretera de la localidad de Cantú-Huaraz.

Es una investigación de nivel explicativo de diseño experimental, ya que este método estudiara en fenómeno que durante su proceso ayudara a modificar las variables en ciertos aspectos para luego verificar algunas de las hipótesis, se tomaran muestras del tramo en estudio tomando las muestras en forma aleatoria; realizado la calicata y tomada la muestra se trasladaran al laboratorio para realizar los ensayos como Próctor Modificado, CBR, Granulometría, Limite liquido y Plástico, etc y posterior obtención de los resultados al comparar la muestra del suelo patrón con la muestra de adición del cemento y cenizas del bagazo de caña de azúcar (CBCA). La investigación tiene la finalidad de proponer otros tipos de materiales como una alternativa de solución al problema de inestabilidad del suelo.

Se determinó que la adición del cemento y la ceniza de bagazo de caña de azúcar, la capacidad de soporte (CBR) del suelo patrón al 100% es 42.49, el experimental con cemento es 51.73% y el experimental con CBCA es 46.86% y al 95% es de 20% del suelo patrón y lo del experimental 25% y 22.83%.

ABSTRACT

The objective of this research is to determine the effect of the addition of 4% cement and 1% sugarcane bagasse ash in front of a standard soil to be stabilized on the road of the town of Cantú-Huaraz.

It is a research of explanatory level of experimental design, since this method will study in phenomenon that during its process will help to modify the variables in certain aspects to later verify some of the hypotheses, samples of the section in study will be taken taking the samples in random form ; Once the sample was taken and the sample taken, they were transferred to the laboratory to carry out the tests such as Procto Modified, CBR, Granulometry, liquid and plastic limit, etc. and later obtaining the results when comparing the sample of the standard soil with the sample of cement addition and ashes of sugarcane bagasse (CBCA). The research has the purpose of proposing other types of materials as an alternative solution to the problem of soil instability.

It was determined that the addition of cement and bagasse ash from sugarcane, the support capacity (CBR) of the 100% standard soil is 42.49, the experimental cement is 51.73% and the experimental one with CBCA is 46.86% and the 95% is 20% of the standard soil and the experimental 25% and 22.83%.

Índice General

Contenido

Palabras Clave-key Words-Linea de investigación.....	i
Título.....	ii
Resumen.....	iii
Abstract.....	iv
Índice.....	v
1). Introducción.....	1
2). Metodología.....	32
3). Resultados.....	34
4). Análisis y Discusión.....	48
5). Conclusiones y Recomendaciones.....	52
6). Agradecimiento.....	54
7). Referencias Bibliográficas.....	55
8). Anexos Apéndice.....	56

Índice de tablas

Tabla 1: Límites de Tamaño de Suelos Separados.....	9
Tabla 2: Tipos de Suelos.....	15
Tabla 3: Valores Típicos de los Compuestos de los diferentes tipos de Cemento Portland.....	16
Tabla 4: Proporción de las fibras del Bagazo de Caña.....	19
Tabla 5: Propiedades Químicas del Bagazo de La Caña de Azúcar 2014.....	20
Tabla 6: variable dependiente.....	30
Tabla 7: variable independiente.....	31
Tabla 8: Técnica e instrumento.....	32
Tabla 9: Granulometría del Suelo.....	34
Tabla 10: Resultados Análisis Granulométrico.....	35
Tabla 11: Resultados Límites de Consistencia.....	35
Tabla 12: Resultados Proctor Estándar del Suelo.....	36
Tabla 13: Resultados (C.B.R) del Suelo.....	37
Tabla 14: Ensayo de carga de Penetración del Suelo.....	37
Tabla 15: Resultados Proctor Standard con Adición del Cemento.....	39
Tabla 16: Razón Soporte California (C.B.R) con Adición del Cemento.....	40
Tabla 17: Ensayo de carga de Penetración con Adición del Cemento.....	41
Tabla 18: Resultados Proctor Estándar con Adición del (CBCA).....	42
Tabla 19: CBR con Adición del (CBCA).....	43
Tabla 20: Ensayo De Carga De Penetración con Adición del (CBCA).....	44
Tabla 21: Análisis de Alcalinidad.....	46
Tabla 22: Composición Química expresada Como Óxidos del CBCA.....	46
Tabla 23: Composición del Cemento.....	47
Tabla 24: Ensayo de Ph.....	50

Índice de Figuras

Figura 1: Tetraedro de Sílice y Octaedro de Alúmina.....	11
Figura 2: Bolsa de Cemento.....	17
Figura 3: Ensayo CBR	24
Figura 4: Curva Granulométrico del Suelo.....	35
Figura 5: Gráfico del Proctor del suelo.....	36
Figura 6: Ensayo de Penetración del suelo.....	38
Figura 7: Densidad Seca- C.B.R del suelo.....	39
Figura 8: Proctor Standard con adición del cemento.....	40
Figura 9: Ensayo De Penetración con adición del cemento.....	41
Figura 10: Curva Densidad Seca- CBR con adición del Cemento.....	42
Figura 11: Grafico del Proctor con adición del (CBCA).....	43
Figura 12: CBR Con Adición del (CBCA).....	44
Figura 13: Curva Densidad Seca-CBR con Adición del (CBCA).....	44
Figura 14: Análisis Térmico Gravimétrico.....	45
Figura 15: Curva Calorimétrica ADT.....	46
Figura 16: Resultado de MDS C-1.....	48
Figura 17: Resultado de Contenido de Humedad C-1.....	49
Figura 18: Comparación Resultado de CBR Al 100% Adicionando CBCA.....	49
Figura 19: Comparación Resultado de CBR Al 95% Adicionando CBCA C-1.....	50
Figura 20: Comparación de resultados del potencial Hidrogeno Ph.....	51

I). INTRODUCCIÓN

En muchas zonas alrededor del mundo las vías terrestres que son fundamentales en el desarrollo de los países están en franco deterioro, causando preocupación y dificultades a los gobiernos desde los países, estados, provincias, hasta los niveles regionales. Debido a la falta de financiamiento en muchos países deben ser establecidos métodos de construcción y mantenimiento de vialidades más eficientes desde el punto de vista Costo-Efectividad. De los antecedentes encontrados se han abordado los trabajos más relevantes a esta investigación en el ámbito A nivel internacional como en la Tesis Sadeq, O. Y tijjani. S (2015). El efecto de las cenizas del bagazo de la caña de azúcar en suelos latericos para su estabilización; ya que este es un agente modificador (cemento, cal, polvo de horno de cemento, cenizas de bagazo, cascara de arroz de cenizas, cenizas de huesos de ganado, etc.) para así mejorar sus propiedades de índice para una mejor trabajabilidad y utilidad, y características de resistencia tal que permanentemente se convierten en estándares apropiados para la construcción. La metodología de su trabajo fue según el proceso aplicada, orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones; en coherencia con el fin de la ciencia es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Los resultados alcanzados en esta investigación es que la reactividad puzolánica de la ceniza de bagazo de caña de azúcar depende fuertemente de la temperatura a calcinar, es por ello que las cenizas de bagazo de caña de azúcar activadas térmicamente a una temperatura superior a 500°C causan una estructura más amorfa.

Del mismo modo, en su investigación veras, (2014), el propósito de su investigación es obtener que con el aumento de las temperaturas de calcinación del azúcar de bagazo de caña, hay un aumento de las temperaturas de calcinación del azúcar bagazo de caña, hay un aumento en el tamaño de la partícula de la ceniza resultante y una disminución en la gravedad específica debido a la pérdida de materia orgánica. La metodología de su trabajo fue Aplicada, orientada a lograr un nuevo

conocimiento destinado a procurar soluciones; en coherencia con el de la ciencia es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Los resultados alcanzados en esta investigación es que a partir de temperaturas de calcinación 500° C, 600° C y 700° presentan alta actividad Puzolanicos; de acuerdo con los resultados de XRD, la ceniza de bagazo de caña de azúcar a los 600°C muestra un carácter superior amorfo es por ello que parece ser una prometedora parcial sustitución para el Cemento Portland.

Por otro lado en su investigación, tKharade (2014), el propósito de su investigación fue que la ceniza de bagazo puede ser utilizado como material de estabilización en suelos expansivos varios de los experimentos se realizaron con sustitución parcial a 3%,6%,9% y 12%. La metodología de su trabajo fue según el proceso Aplicada, porque su investigación está orientada a lograr un nuevo conocimiento destinado a procurar soluciones; en coherencia con el fin de la ciencia es explicativa porque los datos de la investigación serán obtenidos por observación de fenómenos condicionados por el investigador. Pudo concluir que la ceniza de bagazo puede ser utilizado como material de estabilización de suelos expansivos; con sustitución parcial por ceniza de bagazo a 3%,6%9% y 12; respectivamente; en base a los ensayos CBR se ha observado que con la sustitución al 6% se obtiene la mejor resistencia al corte de un suelo expansivo, La resistencia a la compresión aumenta casi por 40%.

En su investigación, Dagoberto Núñez R (2011). “Elección Y Dosificación Del Conglomerante En Estabilización De Suelos”, propone determinar la dosificación de un conglomerante mediante el índice plástico de un suelo para estabilizarlo, por lo tanto concluye que se encontró la dosificación optima de la muestra de suelo, se realizó la prueba para determinar los límites de Atterberg los cuales arrojaron un índice de plasticidad de 18.824, por tener un índice plasticidad mayor a 10 se determinó que era un suelo plástico y el conglomerante que reacciona mejor para este tipo de material y nos implica menores costos es la cal.

Por otra parte Rico y del Castillo (2000). En términos generales, las técnicas de estabilización con cal hidratada son bastantes similares a las de la estabilización con cemento, pero existen dos aspectos de diferencia que conviene destacar desde un principio. En primer lugar la cal tiene un espectro de aplicación que se extiende mucho más hacia los materiales más arcillosos que el cemento y, y en contrapartida, se extiende algo menos hacia el lado de los materiales granulares de naturaleza friccionante. En segundo lugar, está el uso cada día más extendido que se hace de la estabilización con cal como un pre-tratamiento, lo que da una fisonomía especial de mucho de los usos de la cal, pues en estos casos no necesariamente han de satisfacerse todos los requerimientos de una estabilización definitiva.

Del mismo modo Olivera (1999). Con el uso de la cal o el cemento portland es posible bajar la plasticidad y aumentar la resistencia. Usualmente los porcentajes de cal empleados varían del 2 al 7%. El porcentaje es diferente en el tratamiento con cemento portland, pues responde a la característica principal que se desee obtener en la mezcla. Si el objetivo es reducir la plasticidad, las proporciones varían del 2 al 7%; en cambio, si se desea aumentar de manera considerable la resistencia, la proporción es del 5 al 15%.

En la investigación de Verhoeve S.C.H., et al., 1989, nos dice que recientemente, el uso de los lodos Como materiales cementales Atraídos tiene mucho interés. Los estudios realizados en la calcinación de los lodos de papelera Indicado propiedades puzolánicas alentadores. Según Pera J. and amrouz A., 1998(89), la calcinación de lodos a 700 °C o 750 °C durante 2 a 5 horas conduce a la formación de metacaolín altamente reactivo que se pueden utilizar como materiales de cemento. Estos resultados han sido confirmados por Frías M., et al. (2008)(90, que estudia el efecto de la temperatura de calcinación en la química y puzolanidad y la composición de los lodos de la planta en Holmen Paper Madrid. Que estos autores determinado a una temperatura de 650 ° C o más alto produjeron lodos calcinado con buena actividad puzolánicas, similar a la de humo de sílice.

En la tesis Olugbenga, Opeyemi y Olakanmi (2010). En esta investigación concluyeron que el índice plástico de cada muestra reducida con la adición de diversos porcentajes de ceniza de cascara de coco (ccc), indica una reducción del potencial y por lo tanto un aumento de las propiedades de resistencia de hinchazón. Las muestras ganaron superior unidad de pesas con la adición de ccc, las resistencias al corte de todas las muestras se incrementaron respectivamente en el 4% y que los valores de CBR aumentaron gradualmente con el aumento de los porcentajes de ccc. Por lo tanto, se concluyó que la cáscara de coco y la ceniza de cáscara pueden estabilizar eficazmente muestras de suelos lateríticos para obras viales.

Del mismo modo Johnson, Solomon y Olukorede (2012). El análisis de las propiedades geotécnicas de los suelos pobres lateríticos mezcla con porcentajes variables de ceniza de cáscara de coco que se han llevado a cabo de conformidad con la norma BS 1377 (1997) y la cabeza de (1990) los métodos de análisis de suelos para Ingenieros Civiles.

Los resultados mostraron que la ceniza de cáscara de coco tiene efecto sobre el límite de Atterberg, la compactación y la proporción de suelo California cojinete. La adición de ceniza de cáscara de coco aumenta el límite plástico, pero reduce el índice de plasticidad del suelo de laterita. California Bearing Ratio de la pobreza de los suelos lateríticos también aumenta de forma continua con la adición de ceniza de cáscara de coco.

Del mismo el autor Alcántara-Ayala (1999). Las filitas de la Alpujarra sufren diversos movimientos en masa como consecuencia de procesos de deslizamiento y/o flujo. Estos movimientos están condicionados, entre otros factores, por el ángulo de inclinación de las laderas, las propiedades mecánicas de los materiales y la presencia de humedad sobre este punto Ayuso et al. (1998), trabajando con suelos arcillosos del Valle del Guadalquivir, encontraron que la estabilización con cal hidratada tiene una alta eficiencia en el incremento de la capacidad de soporte. Igualmente demuestran que con una dosis de sólo el 3% de cal se reduce considerablemente su

hinchamiento, lo que posibilita que se puedan emplear en capas inferiores de caminos rurales o como explanadas mejoradas en firmes de tráfico intenso. Sin embargo López-Lara, et al., 1999 en México encontraron que el yeso humedecido (4-6%) era el mejor estabilizante de suelos expansivos, seguido del poliuretano (6%) y de la cal (6-8%).

Según (IECA); Los estabilizadores más empleados son el cemento y las calles aéreas, ambos usados en polvo o en forma de lechada. Los cementos al fraguar e hidratarse los silicatos y aluminatos cálcicos anhidros, producen uniones entre las partículas del suelo, disminuyendo su sensibilidad al agua y, en función al contenido de cemento, pueden aumentar considerablemente la resistencia a la deformación del suelo estabilizado y ofrecer una cierta resistencia a la tracción. Por otro lado, el tratamiento y estabilización con cal de estos suelos es una solución muy interesante desde los puntos de vista económico, ambiental y técnico. Las calles aéreas producen al mezclarse con un suelo fino arcilloso una reacción rápida de floculación e intercambio iónico, con formación de grumos friables. Con una pequeña adición de cal, el aspecto del suelo pasa a ser “granular”, más fácil de manejar. Las reacciones químicas reducen rápidamente la plasticidad del suelo y su hinchamiento, mejoran su compactibilidad y aumentan su capacidad de soporte. Después se inicia una reacción puzolánica lenta, que. La Resistencia mecánica va aumentando con el tiempo y la temperatura, conforme estos compuestos químicos van creando puentes de unión entre las partículas del suelo. Así mismo de los antecedentes encontrados A nivel Nacional

En la tesis Thenoux & Carrillo (2002); Luego de la cal y el cemento, se está empleando a las cenizas y productos fabricados como estabilizadores químicos. Por ejemplo, Thenoux, G. y Carrillo H. en su artículo “Estudio para la utilización de cenizas provenientes de la Caldera cogeneradora petropower en la estabilización de Suelos”, plantean el uso de cenizas FBC (combustión de lecho fluido) en la estabilización de suelos para la construcción de caminos. Las cenizas FBC se diferencian de las cenizas volantes tradicionales, principalmente en su contenido de

cal, lo que las hace útiles para mejorar suelos finos arcillosos. Los resultados obtenidos indican que la adición de ceniza FBC volante, puede aumentar en 2 o 3 veces la Resistencia a la compresión no confinada del suelo, y mejorar su estabilidad bajo agua).

Rocha (2002); Asimismo, según las Normas de dosificación de mezclas de suelo cemento, se indica que el porcentaje de cemento a incorporar depende del tipo de suelo a trabajar.

La investigación se justifica en el aspecto social ya que se desea obtener una alternativa para la estabilización de suelos en los diferentes sectores de nuestra región de Ancash como la localidad de Cantú y así mitigar el Impacto Ambiental que estas cenizas generaran. La cual ayudara a optimizar la viabilidad económica para la población de la provincia de Huaraz. Es por ello que el tema de estabilización del suelo tiene un uso importante en el campo de carreteras por tal motivo, y de acuerdo a las necesidades específicas requeridas, se hace indispensable el estudio de las características principales del suelo con los diferentes ensayos que se realizara de acuerdo a la normativa que se establece. Se pretende dar un uso útil a dichos material empleándolos como estabilizante, el cemento y el bagazo de caña de azúcar por lo cual serán calcinada (CBCA), y posteriormente incorporado a un suelo para mejorar sus propiedades mecánicas, que se evaluaran mediante Proctor y CBR.

Hoy en día el problema central es la presencia de innumerables suelos con características mecánicas inapropiadas para la construcción que ocasionan el deterioro prematuro, en carreteras debido a falta de estudios geotécnicos, uso de materiales de baja calidad, falta de adecuada supervisión, falta de drenaje pluvial, falta de control de tráfico y falta de experiencia de empresas constructoras por ejemplo, hace necesario el empleo de materiales de préstamo para sustituir a aquellos suelos deficientes, lo que implica un elevado costo en su construcción por el transporte de estos materiales de mejor calidad, sin embargo, en la actualidad dicho recurso deja de ser una fuente inagotable, por ende existe una preocupación de su uso

sostenible. En este caso, se propone recurrir a la estabilización del suelo natural propio de la zona. Para ellos se necesita utilizar materiales nuevos e innovadores con propiedades mecánicas y físicas óptimas para lograr mejoras en los suelos que buscamos trabajar en la localidad de Cantú.

Para solucionar Este problema se emplean alternativas de estabilización para el mejoramiento de las características físicas y mecánicas del material evitando elevados costos de obra por los grandes espesores de pavimento a ser proyectados, y gracias a la correcta estabilización y compactación se obtendrán un camino con reducido mantenimiento y se mejorara su seguridad, dejándolo libre de riesgos por deformaciones o roturas del terreno.

El crecimiento de la población en el Departamento de Ancash ha obligado a la construcción de carreteras en lugares de poca estabilidad de suelo, generando problemáticas estructurales, estudios geotécnicos y deformabilidad, porque esto implica una evaluación más costosas, por lo cual es necesario buscar alternativas de solución de como reutilizar las cenizas del bagazo de caña de azúcar, debido a que este material es desechado de manera improductiva, desperdiciando sus propiedades y desconociendo los múltiples usos que se puede dar a este biomasa. Mediante el análisis de cómo se llevan los procesos con respecto al bagazo de Caña de azúcar. Por lo expuesto nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿Cuál es el efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de un suelo patrón en la carretera de Cantú-Huaraz?

El suelo, es el sustrato físico sobre el que se realizan las obras civiles, arquitectónicas, viales, etc., es por ello que los parámetros de identificación es la granulometría (distribución de los tamaños de grano que constituyen el agregado) y la plasticidad (la variación de consistencia del agregado en función del contenido en agua), los parámetros de estado son la humedad (contenido en agua del agregado), la densidad, referida al grado de compacidad que muestra las partículas y finalmente los

parámetros estrictamente geo-mecánicos. La resistencia al esfuerzo cortante, la deformabilidad Gutiérrez (2014, p.10)

El suelo, en el sentido general de ingeniería, suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas (Braja, 1999).

El origen del suelo, la corteza terrestre está compuesta principalmente por roca cuya formación geológica ha tomado varios millones de años. Además, durante el mismo período la superficie rocosa ha sufrido una desintegración y una 2 descomposición continuas mediante procesos de meteorización. Debido a la permanente exposición a los agentes atmosféricos tales como las inundaciones, actividad glacial y fuertes vientos, gran parte de los residuos de roca fragmentada por la meteorización ha sido arrastrada, sometida a abrasión, fragmentación y eventualmente depositada, por ejemplo, a lo largo del curso de los ríos, en lagos y océanos y a lo largo de los glaciares. Con los cambios climáticos y las fluctuaciones de los niveles medios del mar y de la superficie terrestre, este ciclo de erosión, transporte y formación de los depósitos de materiales producidos por la meteorización ha sido interrumpido, renovado y repetido innumerables veces durante decenas de miles de años.

Como resultado de lo anterior, gran parte de la superficie actual de la tierra, el lecho rocoso relativamente inalterado, está cubierto por una acumulación de materiales sin cementación o muy poco cementados y altamente variables; este es el material al cual se le denomina suelo. Los agentes físicos que producen cambios en las rocas y dan origen a los suelos son: el sol, el agua, el viento, los glaciares y la actividad biológica.

Algunos suelos permanecen donde se forman y cubren la superficie rocosa de la que se derivan y se llaman suelos residuales. En contraste, algunos productos intemperados son transportados. Según el agente de transporte, se subdividen en tres categorías principales:

Aluviales o fluviales: depositados por agua en movimiento

Glaciales: depositados por acción glaciár

Eólicos: depositados por acción del viento

En adición a los suelos transportados y residuales, las turbas se derivan de la descomposición de materiales orgánicos encontrados en áreas de poca altura donde el nivel freático está cerca o arriba de la superficie del terreno. Esta presencia de agua ayuda el crecimiento de flora acuática, que luego una vez descompuestas forman la turba (Braja, 1999).

Los tipos de suelo en general son llamados gravas, arena, limo o arcilla, dependiendo del tamaño predominante de las partículas. Las gravas y arenas se encuentran dentro de los suelos denominados suelos granulares, mientras que los limos y arcillas se denominan suelos cohesivos. A continuación se muestra los límites de tamaño de suelo separado desarrollados por el Instituto Tecnológico de Massachusetts (MIT), el Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA), la Asociación Americana de Funcionarios de Carreteras Estatales y del Transporte (ASSHTO), el Cuerpo de Ingenieros del Ejército de Estados Unidos, y la Oficina de Restauración de Estados Unidos (Das, 1999).

Tabla 1
Límites De Tamaño De Suelos Separados.

Tamaño de grano (mm)	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Nombre de la organización				
Instituto tecnológico de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Funcionarios del transporte y Carreteras Estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2a0.075	0 .075a 0.002	<0.002
Sistema unificado de clasificación De suelos (U.S.Army Corps of Engineers;U.S. Burcau Of Reglamation; American Society for Testing and Materials)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	finos (es decir, limos y arcillas)	
				<0.075

Fuente: (Das, 1999)

Gravas: Son acumulaciones sueltas de fragmentos de rocas y que tienen más de dos milímetros de diámetro. Dado el origen, cuando son acarreadas por las aguas las gravas sufren desgaste en sus aristas y son, por lo tanto, redondeadas. Las gravas ocupan grandes extensiones, pero casi siempre con mayor o menor proporción de cantos rodados, arenas, limos y arcillas.

Arenas: La arena es el nombre que se le da a los materiales de granos finos procedentes de la denudación de las rocas o de su trituración artificial. El origen y la existencia de las arenas es análoga a la de las gravas: las dos suelen encontrarse juntas en el mismo depósito. La arena de río contiene muy a menudo proporciones relativamente grandes de grava y arcilla.

Limos: Los limos son suelos de granos finos con poca o ninguna plasticidad, pudiendo ser *limo inorgánico* como el producido en canteras, o *limo orgánico* como el que suele encontrarse en los ríos, siendo en este último caso de características plásticas (Roldan, 2009).

Los limos sueltos y saturados son completamente inadecuados para soportar cargas por medio de zapatas. Su color varía desde gris claro a muy oscuro. La permeabilidad de los limos orgánicos es muy baja y su compresibilidad muy alta. Los limos, de no encontrarse en estado denso, a menudo son considerados como suelos pobres para cimentar (Roldan, 2009).

Arcillas: Se da el nombre de arcilla a las partículas sólidas cuya masa tiene la propiedad de volverse plástica al ser mezclada con agua. Químicamente es un silicato de alúmina hidratado, aunque en no pocas ocasiones contiene también silicatos de hierro o de magnesio hidratados (Roldan, 2009).

Los minerales arcillosos están compuestos de una o dos unidades básicas: tetraedro de sílice y octaedro de alúmina. Cada tetraedro consiste en cuatro átomos de oxígeno que rodean a un átomo de silicio (figura 1a). La combinación de unidades de tetraedros de sílice da una lámina de sílice (figura 1b). Tres átomos de oxígeno en la base de cada tetraedro son compartidos por tetraedros vecinos.

Las unidades octaédricas consisten en seis hidroxilos que rodean un átomo de aluminio (figura 1c), y la combinación de las unidades octaédricas de hidroxilos de aluminio dan una lámina octaédrica, también llamada lámina de gibbsita (figura 1d). En ocasiones el magnesio reemplaza los átomos de aluminio en las unidades octaédricas; en tal caso, la lámina octaédrica se llama lámina de brucita (Das, 1999).

Las partículas de arcilla llevan una carga neta negativa sobre la superficie, resultado de una sustitución isomorfa y de una ruptura en la continuidad de la estructura en sus bordes. Cargas negativas mayores se derivan de superficies específicas mayores. Algunos lugares cargados positivamente ocurren también en los bordes de las partículas. En arcilla seca, la carga negativa es balanceada por cationes intercambiables, como Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ y K^+ , que rodean a las partículas mantenidas juntas por atracción electrostática. Cuando se agrega agua a la arcilla, esos cationes y un pequeño número de aniones flotan alrededor de las partículas de arcilla. A esto se llama capa difusa doble.

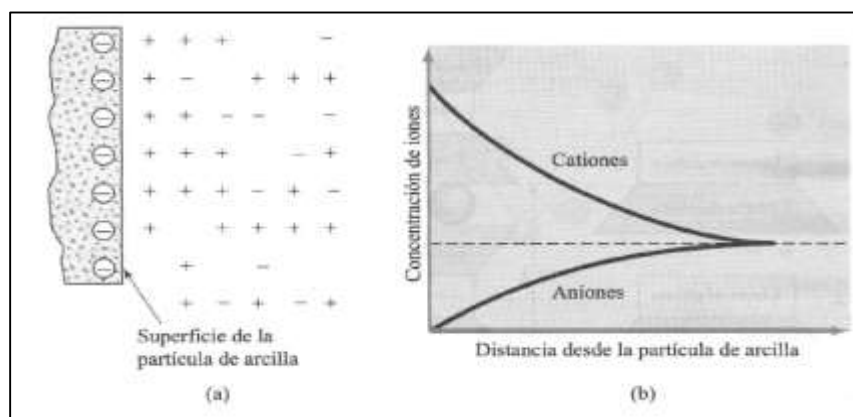


Figura 1
Tetraedro De Sílice Y Octaedro De Alúmina (Dass, 1999)

Características de los suelos, la falta de resistencia ocurre con mayor frecuencia en los suelos orgánicos. La influencia de la materia orgánica suele tratarse en forma equivocada, pues se recurre a la compactación como una forma de estabilización mecánica para incrementar la resistencia del suelo en algunos casos. Sin embargo, puede obtenerse el resultado requerido mediante la compactación, solo por un corto

tiempo, ya que el efecto de degradación de la materia orgánica provocará nuevamente la pérdida de resistencia del suelo en cuestión (Roldan, 2009).

El empleo de mayores intensidades de compactación tampoco favorecerá para obtener valores de resistencia mayores y duraderos. Algunos de los procedimientos más utilizados para elevar la resistencia del suelo son: La compactación, la vibroflotación, la precarga, el drenaje.

Estabilización mecánica con mezcla de otros suelos.

Estabilización química son cemento, cal, o aditivos líquidos que funcionan como cementantes.

DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES DE LOS SUELOS

Conocidas las principales características físico-químicas del suelos, así como su clasificación, corresponde entonces desarrollar procedimientos científicos estandarizados que permitan caracterizarlos en función a dichas propiedades.

Así, tenemos los ensayos que definen las principales propiedades de los suelos:

Análisis Granulométrico: Con el cual se evalúa la distribución de las partículas del suelo según su diámetro.

Límites de Atterberg: Abarca tanto el límite líquido como el límite plástico, con el primero se determina el porcentaje de agua en el que un suelo pasa del estado semilíquido al plástico, y con el segundo se determina el porcentaje de agua en el que un suelo pasa del estado plástico al semiseco.

Próctor Modificado: Permite determinar el óptimo contenido de humedad en el cual se obtiene la máxima densidad del suelo.

CBR: Evalúa la Resistencia o capacidad de carga del suelo.

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Según el Ministerio de Transportes y comunicaciones Manual de diseño de carreteras; Lima-Perú 2008; define que la estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose un firme estable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas. Se dice que es la corrección de una deficiencia para darle una mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su plasticidad.

Se define un suelo estabilizado “in situ” a la mezcla homogénea y uniforme de un suelo propio en la traza de la carretera, al cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas (Valle, 2010). Las propiedades más importantes que se deben mejorar con la estabilización son:

Resistencia: El incremento de resistencia aumenta la estabilidad y la capacidad de carga.

Estabilidad Del Volumen: Proporciona el control de los procesos de hinchamiento-colapso causados por los cambios de humedad.

Durabilidad: Una mayor durabilidad aumenta la resistencia a la erosión, responde de manera más eficaz a los cambios climáticos y al uso del tráfico.

Permeabilidad: La reducción de la permeabilidad y por lo tanto de la circulación de agua, mejora la estabilidad.

TIPOS DE ESTABILIZACIÓN

ESTABILIZACIÓN QUÍMICA

Se refiere principalmente a la utilización de ciertas sustancias químicas patentizadas y cuyo uso involucra la sustitución de iones metálicos y cambios en la constitución de los suelos involucrados en el proceso.

Cal: disminuye la plasticidad de los suelos arcillosos y es muy económica.

Cemento Portland: Aumenta la Resistencia de los suelos y se usa principalmente para arenas o gravas finas.

Productos Asfálticos: Es una emulsión muy usada para material triturado sin cohesión.

Cloruro De Sodio: Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Cloruro De Calcio: Impermeabilizan y disminuyen los polvos en el suelo, principalmente para arcillas y limos.

Escorias de Fundición: Este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Polímeros: Este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor Resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

Hule de Neumáticos: Este se utiliza comúnmente en carpetas asfálticas para darle mayor Resistencia, impermeabilizarla y prolongar su vida útil.

ESTABILIZACIÓN MECÁNICA

La estabilización mecánica es una técnica de mejora basada en la mezcla de diversos materiales con propiedades complementarias, de forma que se obtenga un nuevo material de mayor calidad y que cumpla las exigencias requeridas.

Las propiedades a mejorar mediante este tratamiento, son generalmente la plasticidad y/o granulometría; la plasticidad afecta a la susceptibilidad del material al agua y su capacidad drenante; la granulometría incide en la Resistencia, trabajabilidad y compacidad final de la capa de suelo.

Compactación: La compactación es el procedimiento de aplicar energía al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades, Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades de ingeniería del suelo. La efectividad de los agentes estabilizadores debe cumplir con lo indicado en el siguiente cuadro:

Tabla 2
Tipos De Suelos

TIPO DE SUELO	ARCILLAS FINAS	ARCILLAS GRUESAS	LIMOS FINOS	LIMOS GRUESOS	ARENAS FINAS	ARENAS GRUESAS
Tamaño de partícula(mm)	<0,0006	0,0006-0,002	0,002-0,01	0,01-0,06	0,06-0,4	0,4-2,0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Muy bueno	Muy bueno	Muy bueno
CAL	SI	SI	SI			
CEMENTO	NO	NO	NO		SI	SI
ASFALTO					SI	SI

Fuente: Ministerio De Vivienda, Construcción Y Saneamiento Del Perú: En La Norma Técnica Ce 020 Estabilización De Suelos Y Taludes

CEMENTO

Laínez, Cruz, Martínez, y Velásquez (2012), obtención del título para ingeniero civil en la universidad de el salvador, define el cemento como un aglomerante en una mezcla de concreto, y actualmente se utilizan los denominados cementos Portland en sus distintos tipos los cuales la ser mezclados con agua tienen las propiedades de fraguar y endurecer. Este cemento es el resultado de pulverizar piedra caliza y arcilla los cuales se mezclan en hornos en temperatura de 1400 a 1600 grados centígrados, así se obtiene un material gris oscuro llamado Clinker, calcinadas y posteriormente molidas y mezcladas con yeso, que sirve para retardar el fraguado de la mezcla; tienen las propiedades de adherencia y cohesión, las cuales les permite unir fragmentos minerales entre sí, para formar un todo compacto con resistencia y durabilidad adecuada. Las diferentes marcas y tipos tendrán distintas características de desarrollo de resistencia debido a variaciones en su composición y en su finura, dentro de los límites que permite la norma ASTM C 150. - norma NTP 334.082.

TIPOS DE CEMENTOS

Tipo I	Normal
Tipo IA	Normal, incluso de aire
Tipo II	Resistencia Moderada a los sulfato
Tipo IIA	Resistencia Moderada a los sulfatos, incluso de aire
Tipo III	Alta resistencia a edad temprana, incluso de aire
Tipo IV	Bajo calor de hidratación
Tipo V	Resistencia elevada a los sulfatos

COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL CEMENTO

El cemento está compuesto por una serie de componentes químicos, que contribuyen favorablemente en la resistencia.

Silicato Tricálcico: Es el componente más importante del cemento, este le confiere al cemento las siguientes propiedades: Mucha resistencia, endurecimiento rápido.

Silicato Dicálcico. Presenta un calor de hidratación inferior al silicato tricálcico, aparece en concentraciones altas en el cemento y este confiere al cemento la siguiente propiedad, Endurecimiento progresivo

Aluminato tricálcico. Favorece el proceso de cocción de las materias primas, funciona Como fundente favoreciendo a las reacciones químicas. Se altera fácilmente en presencia de sulfato y desprende mucho calor en el proceso de hidratación

Ferroaluminado tetracálcico. Acelera el fraguado. Los óxidos de hierro actúan como fundentes, que dan el color gris al cemento.

Tabla 3
Valores Típicos De Los Compuestos De Los Diferentes Tipos De Cemento Portland.

Cemento	Composición química en %			
	C3S	C2S	C3A	C4AF
Portland	silicato	silicato	aluminato	Ferroaluminado
	Tricálcico	Dicálcico	Tricálcico	Tetracálcico
Tipo I	48	25	12	8
Tipo II	40	35	5	13
Tipo III	62	13	9	8
Tipo IV	25	50	5	12
Tipo V	38	37	4	9

Fuente: ASTM C 150. - Norma NTP 334.082.

CEMENTO A UTILIZAR EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.

El cemento a utilizar en la estabilización de suelos es el cemento Sol, de tipo I ya que son los más utilizados en nuestra zona.

CEMENTO TIPO I

El Cemento Sol Portland Tipo 1, en bolsas de 42.5 Kg, y a granel .El cemento Sol Portland Tipo 1 tiene un comportamiento es ampliamente conocido por el sector de Construcción Civil. Ofrece un endurecimiento controlado y es versátil para muchos usos. Se logran altas resistencias a temprana edad. Además, a partir de este cemento se logran otros tipos de cemento.



Figura 2
Bolsa De Cemento (elaboración propia)

CARACTERÍSTICAS

Cumple con la Norma Técnica Peruana (NTP) 334. 082 y la Norma Técnica Americana ASTM C-150.

Producto obtenido de la molienda conjunta de clínker y yeso.

Ofrece un fraguado controlado.

Por su buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad, es usado en concretos de muchas aplicaciones.

Es versátil para muchos usos.

Su comportamiento es ampliamente conocido por el sector de construcción civil.

USOS Y APLICACIONES

Para construcciones en general y de gran envergadura cuando no se requiera características especiales o no se especifique otro tipo de cemento.

El acelerado desarrollo de sus resistencias iniciales permite un menor tiempo de desencofrado.

Pre-fabricados de hormigón.

Fabricación de bloques, tubos para acueducto y alcantarillado, terrazos, adoquines.
Mortero para asentado de ladrillos, tarrajeo, enchapes de mayólicas y otros materiales.

Peso específico (cm³) =3.11

VENTAJAS

Es usado en concretos de muchas aplicaciones y preferido por el buen desarrollo de resistencias a la compresión a temprana edad.

Desarrolla un adecuado tiempo de fraguado, requerido por los maestros constructores en las diferentes aplicaciones requeridas del cemento.

RECOMENDACIONES

Como en todo cemento, se debe respetar la relación agua/cemento (a/c) a fin de obtener un buen desarrollo de resistencias, trabajabilidad y performance del cemento. Es importante utilizar agregados de buena calidad. Si estos están húmedos es recomendable dosificar menor cantidad de agua para mantener las proporciones correctas.

Como todo concreto es recomendable siempre realizar el curado con agua a fin de lograr un buen desarrollo de resistencia y acabado final.

Para asegurar una conservación del cemento se recomienda almacenar las bolsas bajo techo, separadas de paredes o pisos y protegidas del aire húmedo.

CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.

Similarmente la ceniza de caña es producida por la combustión del bagazo de la caña. El bagazo es el residuo de la caña después de la extracción del jugo, es un material fibroso, constituye un 15% del peso de la caña, que se obtiene de la molienda de la caña; en cuanto a su composición granulométrica y estructural es heterogéneo con baja densidad y un alto contenido de humedad. Por cada 1000 kg molidos de caña de azúcar se producen aproximadamente 225 kg de bagazo húmedo (50% en peso aproximadamente en contenido de humedad) (García-Pérez et al. 2001).

El bagazo está constituido de dos tipos de fibras; las fibras corticales que están en la parte externa y las fibras medulares que están unidas entre sí por la medula que es un tejido esponjoso; su composición es la siguiente:

Tabla 04
Proporción De Las Fibras Del Bagazo De Caña

Fibras corticales	50%
Fibras medulares	15%
Polvillo de medula	30%
Epidermis no fibrosa	5%

Fuente: Tesis de Grado Estabilización de Suelos Finos Utilizando Ceniza del Bagazo de Caña de Azúcar.

Cuando el bagazo de caña se quema convenientemente se convierte en un material con propiedades puzolanicas, ricas en sílice y alúmina; su estructura depende de la temperatura de combustión.

La ceniza de caña al tener esta característica no posee propiedades cementantes por sí sola, pero con presencia de agua reaccionan químicamente para formar compuestos con propiedades cementantes.

El bagazo de caña fue quemada en el trapiche el Común ubicado en la vereda de este mismo nombre, en el municipio de Curita; para esta comunidad la ceniza de caña es solo un residuo contaminante por lo cual no tiene estudios de su estructura ni de su composición química y propiedades físicas.

PROPIEDADES DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Cuando el bagazo de caña se quema convenientemente se convierte en un material con propiedades puzolanicas, ricas en sílice y alúmina; su estructura depende de la temperatura de combustión.

La ceniza de caña al tener esta característica no posee propiedades cementantes por sí

sola, pero con presencia de agua reaccionan químicamente para formar compuestos con propiedades cementantes.

El bagazo de caña de azúcar será quemada a una temperatura para luego realizar los estudios de composición química y propiedades físicas ya que no tiene estudios de su estructura.

PROPIEDADES QUÍMICAS DEL BAGAZO DE LA CAÑA DE AZÚCAR

Las propiedades químicas del bagazo de la caña de azúcar dependen del tipo de caña que procede.

Set (2008) menciona que ceniza Bagazo de Caña de azúcar para sustituir parcialmente la cantidad de cemento es por alto contenido de los óxidos fundamentales: silicio (SiO_2), Aluminio (Al_2O_3) y fierro (Fe_2O_3), que sobresalen en un 50% de la composición química de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA).

La caña de azúcar, es gramínea tropical, un pasto cuyo tallo es forma se forma y acumula un jugo rico en sacarosa, compuesto que al ser extraído y cristalizado en el ingenio forma el azúcar, la sacarosa es sintetizada por la caña gracias a la energía tomada del sol durante la fotosíntesis, consume una cantidad de agua, principalmente en la fase de macollamiento y máximo crecimiento, la condición óptima de la humedad del suelo oscila un 70% a 85% de la capacidad de la retención de humedad.

Tabla 5:
Propiedades Químicas Del Bagazo De La Caña De Azúcar 2014

OXIDOS	SPS (%)	CHOLU (%)
Na_2O	0.8	1.22
MgO	0.91	1.91
Al_2O_3	6.26	8.92
SiO_2	50.62	64.18
P_2O_5	0.72	1.19
SO_3	0.22	0.08
K_2O	2.23	5.06
CaO	1.94	3

TiO ₂	0.38	0.34
MnO	0.18	0.12
Fe ₂ O ₃	23.26	3.35
P.F	12.48	11.33

Fuente: Laboratorio De Química De La Universidad Politécnica De Valencia

ESTABILIZACIÓN DE SUB-RASANTE.

La sub-rasante se refiere al suelo que se encuentra aproximadamente un metro bajo el pavimento. Para terraplén es la parte que se encuentra a una profundidad de un metro bajo la superficie acabada del mismo. En caso de corte la sub-rasante implica la parte bajo un metro bajo la superficie excavada. Esto también incluye material de relleno que reemplaza completa o parcialmente al suelo natural inapropiado para la construcción de caminos suelos estabilizados tratado con cal, cemento, el material de relleno utilizado en una sección de transición entre el corte y el terraplén y la capa filtrante diseñada para impedir que el suelo de la sub-rasante se introduzca a la capa sub-base. La superficie de sub rasante terminada se introduzca a la capa sub base.

CARACTERÍSTICAS DE LA CAPA SUB-RASANTE

La capa sub-rasante se presentó oficialmente en las especificaciones mexicanas de 1957.

Sus características mínimas son:

Espesor de la capa: 30 cm mínimo.

Tamaño máximo: 7.5 cm (3pug).

Grado de compactación: 95% del PVSM.

Valor relativo de soporte: 15% mínimo

Expansión: 5%

Estos dos últimos valores se obtienen por medio de la prueba porter estándar.

Hasta la fecha, las especificaciones para las dos últimas características marcan valores de 5% mínimo y 5% máximo, respectivamente, pero los proyectistas exigen las especificaciones antes citadas.

FUNCIONES DE LA CAPA SUB-RASANTE

Las principales funciones de la capa sub-rasante son:

Recibir y resistir las cargas del tránsito que le son transmitidas por el pavimento.

Transmitir y distribuir de modo adecuado las cargas del tránsito al cuerpo del terraplén. (Fernando Olivera Bustamante, 1999)

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO

La estabilización de un suelo es el proceso mediante el cual, se someten los suelos naturales a cierta manipulación o tratamiento de modo que podamos aprovechar sus mejores cualidades, obteniéndose una capa de asiento del firme estable y durable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones de clima más severas y por ende asegure geotécnicamente el comportamiento de la explanada.

La estabilización del suelo también es la corrección de una deficiencia para darle mayor resistencia al terreno o bien, disminuir su índice de plasticidad. Las tres formas de lograrlo son: estabilización física, estabilización química y estabilización mecánica.

ESTABILIZACIÓN IN SITU

Se define un suelo estabilizado “in situ” a la mezcla homogénea y uniforme de un suelo o cal o con cemento. Y eventualmente agua, en el propio tazo de la carretera, la cual convenientemente compactada, tiene por objeto disminuir la susceptibilidad al agua del suelo o aumentar su resistencia, para su uso en la formación de explanadas.

PROPIEDADES DE UN SUELO ESTABILIZADO

DENSIDAD VOLUMÉTRICA

La expresión se refiere por lo general a los problemas relacionados con los suelos expansivos por cambio de humedad, relacionado con variaciones estacionales o con la actividad del ingeniero.

Se trata de transformar la masa de arcilla expansiva bien sea en una masa rígida o en una granulada, con sus partículas unidas por lazos suficientemente fuertes como para resistir las presiones internas de expansión.

RESISTENCIA

La compactación es de hecho una forma de estabilización mecánica a la que se recurre para incrementar la resistencia de los suelos, como uno de sus objetivos más comunes.

Algunas de las formas de estabilización más usadas para elevar resistencias son las siguientes:

Compactación.

Vibro flotación.

Precarga.

Drenaje.

Estabilización mecánica.

Estabilización química.

PERMEABILIDAD

No suele ser muy difícil modificar substancialmente la permeabilidad de formaciones de suelo por métodos tales como la compactación, la inyección etc. En materiales arcillosos, el uso de floculantes puede reducir la permeabilidad también significativamente; el uso de floculantes aumenta correspondientemente el valor de la permeabilidad. En la actualidad se va disponiendo de algunas substancias que introducidas en el suelo en forma de emulsión pueden reducir mucho su permeabilidad, si bien el uso de estas substancias ha de ser cuidadosamente analizado, pues no es raro que ejerzan efectos desfavorables en la resistencia al esfuerzo cortante de los suelos.

DURABILIDAD

Suelen involucrarse en este concepto aquellos factores que se refieren a la resistencia al intemperismo, a la erosión a la abrasión del tráfico; de esta manera, los problemas de durabilidad en las vías terrestres suelen estar muy asociados a suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodamiento. En rigor, estos problemas pueden afectar tanto a los suelos naturales como a los estabilizados, si bien en estos últimos los peores comportamientos suelen ser consecuencia de diseños inadecuados, tales

como una mala elección del agente estabilizador o un serio error en su uso, tal como podría ser el caso cuando se ignora la bien conocida susceptibilidad de los suelos arcillosos estabilizados con cal a la presencia de sulfatos.

VALOR SOPORTE DE CALIFORNIA (CBR).

El objetivo del ensayo de CBR es establecer una relación entre el comportamiento de los suelos principalmente utilizados como bases y sub-rasantes bajo el pavimento de carreteras y aeropistas, determinando la relación entre el valor de CBR y la densidad seca que se alcanza en el campo. El ensayo de CBR mide la resistencia al corte (esfuerzo cortante) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, la SCT denomina a este ensayo, simplemente como “Relación de soporte” y esta normado con el número M-MMP-1-08.



Figura 3. Ensayo in situ CBR (Jose Copado Beltrán, 2011)

Se aplica para la evaluación de la calidad relativa de suelos de sub-rasante, algunos materiales de sub-bases y bases granulares, que contengan solamente una pequeña cantidad de material que pasa por el tamiz de 50 mm, y que es retenido en el tamiz de 20 mm. Se recomienda que la fracción no exceda del 20%.

AGENTE ESTABILIZANTE CON CEMENTO PORTLAND

El cemento mezclado con el suelo mejora las propiedades de éste desde el punto de vista mecánico.

Siendo los suelos por lo general un conjunto de partículas inertes granulares con otras activas de diversos grados de plasticidad, la acción que en ellos produce el cemento es doble. Por una parte actúa como conglomerante de las gravas, arenas y limos desempeñando el mismo papel que en el concreto. Por otra parte, el hidrato de calcio, que se forma al contacto del cemento con el agua, libera iones de calcio que por su gran afinidad con el agua roban algunas de las moléculas de ésta interpuestas entre cada dos laminillas de arcilla. El resultado de este proceso es la disminución de la porosidad y de la plasticidad así como un aumento en la resistencia y en la durabilidad.

Al mejorar un material con cemento Portland se piensa principalmente en aumentar su resistencia, pero además de esto, también se disminuye la plasticidad, es muy importante para que se logren estos efectos, que el material por mejorar tenga un porcentaje máximo de materia orgánica del 34%.

Por lo general, la capa que se estabiliza tiene un espesor de 10 a 15cms. y podrá coronarse con una capa de rodadura de poco espesor (ya sea para tránsito ligero o medio); también podrá servir de apoyo a un pavimento rígido o flexible de alta calidad.

PRODUCTOS ASFÁLTICOS.

El material asfáltico que se emplea para mejorar un suelo puede ser el cemento asfáltico o bien las emulsiones asfálticas, el primero es el residuo último de la destilación del petróleo. Para eliminarle los solventes volátiles y los aceites y para ser mezclado con material pétreo deberá calentarse a temperaturas que varían de 140 a 160° C, el más común que se emplea en la actualidad es el AC-20. Este tipo de producto tiene la desventaja de que resulta un poco más costoso y que no puede mezclarse con pétreos húmedos.

En las estabilizaciones, las emulsiones asfálticas son las más usadas ya que este tipo de productos si pueden emplearse con pétreos húmedos y no se necesitan altas temperaturas para hacerlo maniobrable, en este tipo de productos se encuentra

en suspensión con el agua, además se emplea un emulsificante que puede ser el sodio o el cloro, para darle una cierta carga a las partículas y con ello evitar que se unan dentro de la emulsión; cuando se emplea sodio, se tiene lo que se conoce como emulsión aniónica con carga negativa y las que tienen cloro son las emulsiones catiónicas que presentan una carga positiva, siendo estas últimas las que presentan una mejor resistencia a la humedad que contienen los pétreos. Se tienen emulsiones de fraguado lento, medio y rápido, de acuerdo al porcentaje de cemento asfáltico que se emplea. Una emulsión asfáltica es una dispersión de asfalto en agua en forma de pequeñas partículas de diámetro de entre 3 y 9 micras.

CLORURO DE SODIO

Principal uso de la sal es como matapolvo en bases y superficies de rodamiento para tránsito ligero. También se utiliza en zonas muy secas para evitar la rápida evaporación del agua de compactación.

CLORURO DE CALCIO

El cloruro cálcico es uno de los agentes estabilizadores de suelos más económicos, siendo usado, por los beneficios que reporta, tanto en la construcción de capas de sub-base y base para autopistas y carreteras, como en capas de rodadura de caminos ordinarios de tierra. El cloruro, debe advertirse, no convierte un suelo en un material con las características del suelo-cemento, por ejemplo, sino que origina cambios en el suelo que son a veces intangibles, pero que mejoran la estabilidad de los pavimentos y reducen el coste de la conservación.

Mantienen estable la humedad durante el proceso de compactación.

Aumenta la densidad máxima para un mismo esfuerzo de compactación.

Mantiene la superficie del pavimento húmeda, reduciendo la formación de polvo con el tránsito y reteniendo los agregados en la carretera.

Rebaja la temperatura de congelación del agua, por lo que los suelos sufren menos los efectos de la helada.

Aumenta la densidad durante el “curado”.

Suministra cationes de calcio, que pueden mejorar las características de las arcillas del grupo montmorillonítico.

POLÍMEROS

Los polímeros son cuerpos que constan de elementos de la misma especie y en la misma proporción, pero un número tal que las moléculas de unos son múltiplos de otros, siendo sus pesos también múltiplos.

Los polímeros catiónicos típicos, que más se han probado en estabilización de suelos, son las poli-acrilamidas, y otros productos comerciales tales como el armeen, arquad, etc. Entre los polímeros del tipo aniónico se encuentran como más importantes los sulfonatos y lignosulfonatos. Debido a que la carga de sus grupos constituyentes es igual a la que existe en la superficie de los minerales de arcilla, la resistencia al esfuerzo cortante se reduce en tanto que la compactación se mejora en forma notable; es así como ha estos materiales se les conoce más como *“agentes que mejoran la compactación”* que como estabilizantes.

FACTORES CLAVE DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL

Existen factores de gran importancia que sirven de indicativos para determinar cuándo un suelo es conveniente practicarle un tratamiento con cal. Dentro ellos destacan:

Un índice de plasticidad igual o mayor a 10.

Un contenido de finos no menor al 5% (tamiz 0.06mm)

Ausencia de materia vegetal, como troncos, raíces, etc.

Un contenido de sulfatos por abajo del 1%

El índice de plasticidad sirve como indicativo de qué tan arcilloso es el suelo. Otro dato que puede ser de utilidad, en este sentido, es el contenido de arcillas, el cual puede determinarse mediante un análisis químico y se recomienda que sea mayor al 7%.

Cuando un suelo no contiene este contenido mínimo de arcillas o es del tipo arenoso, podemos mezclarlo con materiales que aumenten este contenido de arcillas o buscando otros alternos, como serían las cenizas volantes (fly-ash) y escoria de alto horno, que contienen un alto contenido de sílice y alúmina, elementos que nos producen una excelente reacción con la cal para lograr tener un mejor cementante. Por otro lado, el contenido de finos asegura el contacto íntimo entre la cal y las partículas del suelo y por lo tanto se favorecen las reacciones químicas que producen la estabilización permanente.

Eliminando la materia vegetal evitamos que haya interferencia en el desempeño de la cal, ya que esta materia absorbe la cal y aumentaría la dosificación en peso de nuestro suelo a tratar.

Cuando existen sulfatos y fosfatos solubles en altas concentraciones (arriba del 1%) es conveniente hacer una adecuación al tratamiento para poder lograr tratarlos. Sin embargo, aunque estos factores son una clara referencia para determinar la viabilidad del tratamiento con cal, tampoco son limitativos en el sentido estricto. Es decir, siempre que sea posible, se recomienda efectuar un análisis detallado de todas las características del suelo, a fin de tener una mayor certeza sobre la aplicación de este proceso. También es importante mencionar que en algunos países los factores mencionados arriba, pueden tener algunas variaciones, en función de su legislación o del tipo de uso previsto para el suelo.

VENTAJAS DE LA ESTABILIZACIÓN CON CAL

El tratamiento de suelos arcillosos con cal viva o hidratada en cualquier obra de movimiento de tierras: laderas, terraplenes, explanadas, firmes, plataformas, etc., correspondiente a cualquier tipo de infraestructura: viales, aeropuertos, ferrocarriles, etc., permite obtener una serie de ventajas técnicas y económicas que citaremos a continuación:

Posibilidad de reutilización de los suelos disponibles en la traza, disminuyendo la necesidad de préstamos y vertederos. Este aspecto, además de disminuir las afecciones medioambientales, disminuye los costes del movimiento de tierras,

incidiendo especialmente en el transporte de materiales y en el tiempo de ejecución. La reducción del plazo de ejecución viene determinada también por la rapidez de las reacciones suelo-cal y el efecto secante producido. El Índice de Plasticidad disminuye notablemente y el suelo se vuelve más friable, aumentando inmediatamente su trabajabilidad. Además, el empleo de cal viva ayuda a secar rápidamente los suelos húmedos, facilitando su compactación.

El empleo de cal incrementa la resistencia de los suelos aumentando su Índice C.B.R. También aumenta las resistencias a tracción y a flexión. Por lo tanto, la mejora producida en las capas y explanadas estabilizadas permite reducir espesores y las posibilidades de fallo Durante su vida útil.

Otra ventaja muy importante de la estabilización con cal frente al empleo de otros conglomerantes, es que no presenta un fraguado rápido, lo cual permite una gran flexibilidad en la organización de las distintas fases de ejecución: mezcla, extendido, compactación, etc.

No obstante, para evitar la recarbonatación previa de la cal, debe realizarse el mezclado con el suelo antes de 8 horas, desde el momento del extendido. Además, con el fin de evitar la recarbonatación de la cal y su arrastre por el viento, conviene mezclar lo antes posible la cal extendida.

La estabilización de cualquier capa soporte, haciéndola insensible al agua y aumentando su resistencia frente a los tráficos que soportará durante su vida útil, reduce los costes de construcción, conservación y explotación de la infraestructura.

EFFECTOS INMEDIATOS DEL TRATAMIENTO DE SUELOS FINOS CON CAL

El tratamiento con cal tiene efecto inmediato sobre algunas propiedades del suelo fino:

Disminuye la plasticidad.

Aumenta el límite de contracción.

Disminuye la proporción de partículas del tamaño de arcilla.

Mejora la trabajabilidad.

Disminuye la densidad máxima para una determinada energía de compactación.

Reduce el potencial expansivo del suelo.

Mejora de manera inmediata las propiedades de esfuerzo de formación

Efectos a largo plazo del tratamiento de suelos finos con cal.

El tratamiento con cal tiene efectos a largo plazo sobre las siguientes propiedades de un suelo fino:

Resistencia.

Módulo resiliente.

Resistencia a la fatiga.

Durabilidad.

El efecto más obvio de la cal sobre un suelo fino o sobre la fracción fina de un agregado es la ganancia de resistencia con el tiempo. La situación se favorece al aumentar la temperatura.

Variables:

Variable Dependiente

Tabla 06
Variable dependiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones
Estabilización del suelo	Es el esfuerzo máximo que puede soportar un material bajo una carga de aplastamiento. (Juárez E. 2005)	Es el esfuerzo del índice de plasticidad, CBR y el Próctor modificado	Capacidad portante. Densidad

Variable Independiente

Tabla 07
Variable independiente

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones
Dosificación de suelo-cemento, ceniza del Bagazo de caña de azúcar	Implica establecer proporciones apropiadas del suelo y la ceniza.	Es la adición del cemento 4% y la ceniza 1% al material de afirmado de la plataforma de rodadura.	Adición de 4% de cemento y 1% de ceniza de caña de azúcar.

La hipótesis de esta investigación es: Al adicionar en peso en un 4% de cemento y 1% ceniza del Bagazo de caña de azúcar permitirá mejorar la estabilización del suelo patrón en la carretera de Cantú.

El objetivo general de esta investigación es determinar el efecto de adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de Bagazo de caña de azúcar frente a un suelo patrón. Para cumplir este objetivo nos planteamos los siguientes objetivos específicos:

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo de la carretera de la localidad de Cantú-Huaraz.
- Determinar la temperatura de calcinación del Bagazo de Caña de Azúcar, activar componentes puzolánica mediante el Análisis Térmico Diferencial.
- Determinar la composición química de las cenizas de bagazo de caña de azúcar mediante el Análisis de fluorescencia de rayos x (FRX)
- Determinar el potencial de Hidrogeno (PH) del suelo, cemento, ceniza, del suelo+4% cemento y suelo+1%ceniza.
- Determinar, analizar y comparar el CBR del suelo patrón, suelo+4% de cemento y suelo +1% de la ceniza de bagazo de caña de azúcar.

II). METODOLOGÍA DE TRABAJO

El tipo de investigación es de nivel descriptivo y Aplicada, es descriptivo porque se describirá las propiedades del suelo de la localidad de Cantú, es aplicada porque los resultados obtenidos servirán para la solución de problemas relacionados a la construcción, específicamente la construcción de vías no asfaltadas, mejorando así las propiedades de resistencia, para los indicados y por los costos que implican la elaboración de la adición del cemento a los suelos cohesivos.

Es un diseño experimental con un enfoque cuantitativo, porque se estudia las variables y sus indicadores objetivamente midiendo y registrando sus valores respuesta en los instrumentos de recolección de datos (Guías de observación).

POBLACIÓN Y MUESTRA

Población

El suelo natural propio de la localidad de Cantú ((0+000 a 1+091), del cual se recolectara el material necesario en sacos de polietileno para ser llevados al laboratorio de Mecánica de suelos de la Universidad san Pedro.

Muestra

La muestra está constituido por una calicata en todo el tramo de la carretera, se utilizara muestras adecuadas de suelos del centro poblado de cantú, cemento portland tipo I de forma aleatoria, ceniza del bagazo de caña de azúcar.

Para la elaboración del estudio se utilizaran las siguientes referencias:

La ceniza se recolectara de la Agroindustrias san Jacinto, el material se recolectara en sacos y luego será quemado para ser llevados al laboratorio de mecánica de suelos.

TÉCNICA E INSTRUMENTO

Tabla 8
Técnica e instrumento

Técnica	Instrumento
---------	-------------

	Guía de observación
Observación	Resumen
	Fichas técnicas de laboratorio de las pruebas a Realizar.

PROCESAMIENTO Y OBTENCIÓN DE LA CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR.

El material experimental de origen orgánico usado en la presente investigación: Bagazo de caña de azúcar, proviene de AGROINDUSTRIA SAN JACINTO S.A.A, dedicado al cultivo, transformación e industrialización de la caña de azúcar y de sus derivados. Está ubicado a 405 km al norte de Lima y a 45km de la ciudad de Chimbote, en la provincia de Santa, Distrito de Nepeña, Región Ancash.

Para el análisis térmico diferencial del bagazo de caña de azúcar, primero se secó el material a una temperatura ambiente y a cielo abierto por una semana, luego se tritura posteriormente se tamiza por la malla N°200 para obtener en 1gr. Y así analizarlo en el Laboratorio de Polímeros de la Universidad Nacional de Trujillo.

Para el análisis químico del bagazo de caña de azúcar, teniendo el material seco se procedió a prequemar a cielo abierto para así eliminar el carbono y obtener las cenizas que serán activadas térmicamente en la mufla del laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad San Pedro a temperatura de 700°C por un tiempo de tres horas. Además se activó mecánicamente tamizándolo por la malla N°200 y se tomó una muestra para poder realizar el análisis de composición química en el laboratorio de Universidad Nacional Mayor de San Marcos (Universidad del Perú, decana de América)

LIMITACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN:

La investigación no tuvo resultados satisfactoriamente por motivos de limitaciones en la entrega del material por parte de la Industria Azucarera San Jacinto, por tiempos de lluvia en el 2017.

Falta del material del bagazo de caña de azúcar, ya que es un material muy difícil de conseguir en gran cantidad para luego ser calcinadas y convertidas en (CBCA).

III). RESULTADOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Tabla 9
Granulometría del Suelo.

Malla	Peso retenido	% Retenido	% Retenido acumulado	% Que pasa
3 1/2"				
3"				
2 1/2"	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	670.00	1.6	1.6	98.4
1 1/2"	803.0	1.9	3.5	96.5
1"	1170.0	2.8	6.3	93.7
3/4"	1100.0	2.6	8.9	91.1
1/2"	1532.0	3.6	12.5	87.5
3/8"	1100.0	2.6	15.1	84.9
1/4"	1808.0	4.3	19.4	80.6
#4	1418.0	3.4	22.8	77.2
#10	3838.2	9.1	31.9	68.1
#16	2741.5	6.5	38.4	61.6
#20	1602.7	3.8	42.2	57.8
#30	1940.2	4.6	46.8	53.2
#40	3289.8	7.8	54.6	45.4
#50	927.9	2.2	56.8	43.2
#60	1307.5	3.1	59.9	40.1
#100	4723.9	11.2	71.1	28.9
#200	2277.6	5.4	76.5	23.5
<N°200	9927.2	23.5	100	

Fuente: Datos del laboratorio

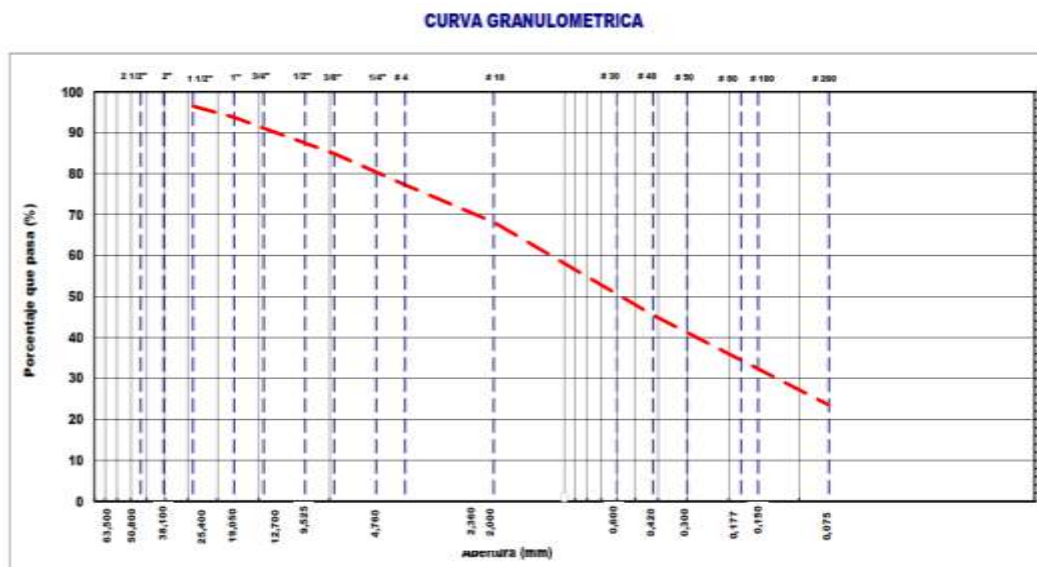


Figura 4. Curva Granulométrica del Suelo
Fuente: Datos del laboratorio (USP)

Tabla 10:
Resultados Análisis Granulométrico.

CALICATA	CLASIFICACIÓN SUCS	CLASIFICACION AASHTO
Calicata 01	SM	A-1-B(0)

Fuente: Elaboración Propia

LÍMITES DE CONSISTENCIA:

Tabla 11
Resultados Límites De Consistencia

CALICATA	LÍMITE LÍQUIDO (%)	LÍMITE PLÁSTICO (%)	ÍNDICE DE PLASTICIDAD (%)
C-1	19.60	0.0	NP

Fuente: Elaboración Propia

PROCTOR MODIFICADO:

Suelo Natural:

Tabla 12

Resultados Proctor Standard

Volumen del molde (cm ³): 929		peso del molde (gr): 4191			
compactación					
Números de ensayo	1	2	3	4	
peso suelo + molde	611.00	6204.00	6300.0	6275.00	
Peso suelo húmedo compactado	1919	2013	2109	2084	
Peso volumétrico húmedo	2.066	2.167	2.270	2.243	
Contenido de humedad					
Recipiente N°	49	1	22	40	
Peso suelo húmedo + tapa	795.00	757.00	735.00	796.00	
Peso suelos seco + tapa	772.00	724.00	690.00	739.00	
Peso de la tara	167.20	170.30	165.60	164.00	
Peso de agua	23.00	33.00	45.00	57.00	
Peso de suelo seco	604.80	553.70	524.40	575.00	
Contenido de agua	3.80	5.96	8.58	9.91	
Peso volumétrico seco	1.990	2.045	2.091	2.041	
Densidad máxima seca: 2.091 gr/cc			Humedad óptima: 8.6 %		

Fuente: Elaboración Propia



Figura 5. Proctor Standard del Suelo Natural
Fuente: Datos del laboratorio (USP)

RAZÓN SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R)

Tabla 13.
Resultados (C.B.R)

Método de compactación	MOLDES					
	M-3		M-2		M-1	
Molde N°	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Sobrecarga	4530		4530		4530	
Condiciones de la muestra	Antes de	Después de	Entes de	Después	Antes de	Después de
	saturar	saturar	saturar	de saturar	saturar	saturar
Peso molde + muestra	12335.00	12436.00	12416.00	12441.00	12651.00	12693.00
Humedad(gr)						
Peso del molde (gr)	7981.00	7981.00	7975.00	7975.00	7975.00	7975.00
Peso muestra húmeda (gr)	4354.00	4455.00	4441.00	4466.00	4676.00	4718.00
Volumen del molde (cc)	2041.00	2041.00	2015.00	2037.00	2037.00	2037.00
Densidad húmeda (gr/cc)	2.13	2.18	2.20	2.22	2.30	2.32
Numero de tara	18	15	40	21	49	16
Peso húmedo + tara (gr)	676.00	638.00	651.00	662.20	687.00	671.20
Peso seco + tara (gr)	638.50	643.70	615.00	624.30	649.50	632.60
Peso agua (gr)	37.50	39.30	36.00	37.90	37.50	38.60
Peso tara (gr)	164.60	167.90	164.00	167.70	167.20	161.90
Peso muestra seca (gr)	473.90	475.80	451.00	456.60	482.30	470.70
Contenido de humedad %	7.91	8.26	7.98	8.30	7.78	8.20
Densidad seca (gr/cc)	1.98	2.02	2.04	2.05	2.13	2.14

Fuente: Elaboración Propia

ENSAYO DE CARGA DE PENETRACIÓN

Tabla 14
Ensayo de carga de penetración

Penet. pug	Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 3		56 golpes		
	Lectura dial	Ensayos de carga lbs	lectura dial	Ensayos de carga lbs	Lectura dial	Ensayos de carga lbs			
0.025	7	14.51	4.84	14	17.26	5.75	18	35.42	11.81

0.050	57	212.4	70.80	90	362	120.67	183	784.4	261.47
0.075	70	272	90.67	147	621	207.00	203	875.2	291.73
0.100	125	521	173.67	193	893	297.67	291	1274.6	424.87
0.200	232	1007	335.67	386	1650	550.00	487	2164	721.33
0.300	353	1656	552.00	588	2423	807.67	687	3072	1024.00
0.400	485	2255	751.67	787	3226	1075.33	890	3994	1331.33
0.500	667	2881	960.33	998	4060	1353.33	1116	5019	1673.00

Fuente: Elaboración Propia (Datos UPS-Laboratorio)

12 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(173.67*100)/1000$	=	17.37	%
C.B.R		0.2"	$(335.67*100)/1500$	=	22.38	%
25 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(297.67*100)/1000$	=	29.77	%
C.B.R		0.2"	$(550.00*100)/1500$	=	36.67	%
56 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(424.87*100)/1000$	=	42.49	%
C.B.R		0.2"	$(721.33*100)/1500$	=	48.09	%

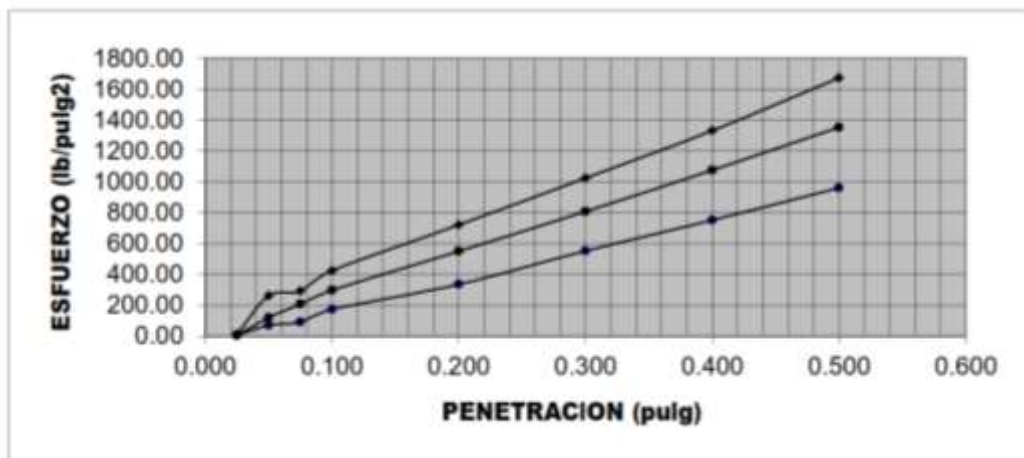


Figura 6. Ensayo de Penetración del Suelo Natural
Fuente: Datos del laboratorio (USP)

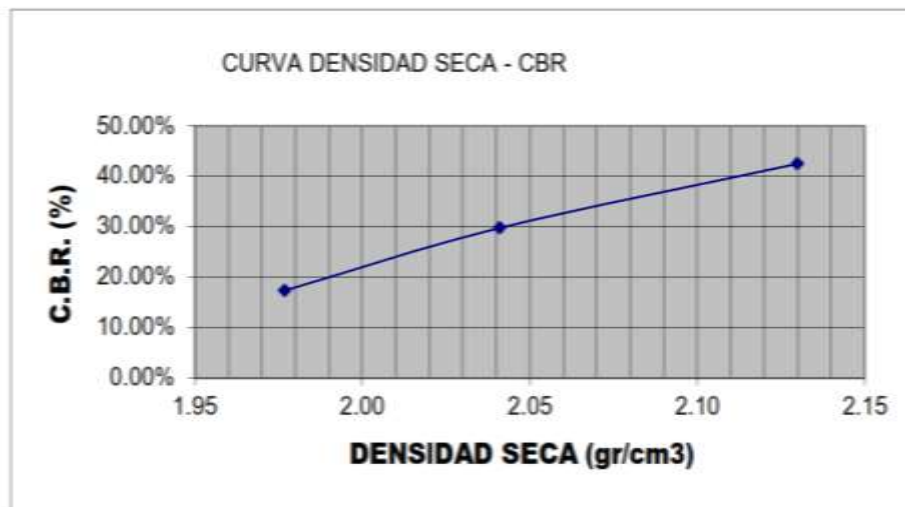


Figura 7. Densidad Seca- C.B.R del Suelo Natural.
Fuente: Datos del laboratorio (USP)

CON ADICIÓN DE CEMENTO

Ensayo de Proctor Estándar

Tabla 15
Resultados Proctor Standard
compactación

Números de ensayo	1	2	3	4
peso suelo + molde	6066.00	6208.00	6302.00	6292.00
Peso suelo húmedo compactado	1875	2017	2111	2101
Peso volumétrico húmedo	2.018	2.171	2.272	2.262
Contenido de humedad				
Recipiente N°	18	10	37	35
Peso suelo húmedo + tapa	766.00	745.00	758.00	758.00
Peso suelos seco + tapa	745.00	715.00	717.00	708.00
Peso de la tara	164.60	169.80	169.10	165.10
Peso de agua	21.00	30.00	41.00	50.00
Peso de suelo seco	580.40	545.20	547.90	542.90
Contenido de agua	3.62	5.50	7.48	9.21
Peso volumétrico seco	1.948	2.058	2.114	2.071
Densidad máxima seca: 2.120 gr/cc			Humedad optima: 7.6 %	

Fuente: Elaboración propia (datos UPS)



Figura 8. Proctor Standard con Adición de Cemento
Fuente: Datos del laboratorio (USP)

Tabla 16
Razón Soporte California (C.B.R) con Adición del Cemento

Método de compactación	MOLDES					
	M-3		M-2		M-1	
Molde N°	5		5		5	
Numero de capas	12		25		56	
Numero de golpes por capa	4530		4530		4530	
Sobrecarga	Antes de saturar	Después de saturar	Antes de saturar	Después de saturar	Antes de saturar	Después de saturar
Condición de la muestra	saturar		saturar		saturar	
Peso molde + muestra	12321.00	12443.00	1467.00	12536.00	12653.00	12710.00
Humedad(gr)						
Peso del molde (gr)	7981.00	7981.00	7975.00	7975.00	7975.00	7975.00
Peso muestra húmeda (gr)	4340.00	4462.00	4492.00	4551.00	4678.00	4735.00
Volumen del molde (cc)	2041.00	2041.00	2015.00	2037.00	2037.00	2037.00
Densidad húmeda (gr/cc)	2.13	2.19	2.23	2.26	2.30	2.32
Numero de tara	36	12	26	10	21	8
Peso húmedo + tara (gr)	673.00	699.00	755.50	694.40	728.50	692.40
Peso seco + tara (gr)	638.00	658.00	716.00	653.30	691.00	651.70
Peso agua (gr)	35.00	41.00	39.50	41.10	37.50	40.70
Peso tara (gr)	163.70	167.90	169.80	169.80	167.70	167.20
Peso muestra seca (gr)	474.30	490.10	546.20	483.50	523.30	484.50
Contenido de humedad %	7.38	8.37	7.23	8.50	7.17	8.40
Densidad seca (gr/cc)	1.98	2.02	2.08	2.08	2.14	2.14

Fuente: Elaboración Propia (UPS)

ENSAYO DE CARGA DE PENETRACIÓN

Tabla 17:

Ensayo de Carga de Penetración

Penet pug	Molde N° 1 12 golpes			Molde N° 2 25 golpes			Molde N° 3 56 golpes		
	Lectura dial	Ensayos de carga lbs	Ensayos de carga Lbs/pulg ²	Lectura dial	Ensayos de carga lbs	Ensayos de carga Lbs/pulg ²	Lectura dial	Ensayos de carga lbs	Ensayos de carga Lbs/pulg ²
0.025	21	49	16.33	32	99	33.00	53	194	64.67
0.050	68	262	87.33	73	285	95.00	103	421	140.33
0.075	106	431	143.67	122	508	169.33	155	657	219.00
0.100	152	644	214.67	237	1030	343.33	352	1552	517.33
0.200	295	1293	431.00	407	1898	632.67	601	2682	894.00
0.300	455	2019	673.00	585	2829	943.00	865	3880	1293.33
0.400	660	2950	983.00	806	3792	1264.00	1130	4998	1666.00
0.500	847	3798	1266	1048	4711	1570.00	1360	6027	2009.00

Fuente: Elaboración Propia.

12 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(214.67 \cdot 100) / 1000$	=	21.47	%
	C.B.R	0.2"	$(431.00 \cdot 100) / 1500$	=	28.73	%
25 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(343.33 \cdot 100) / 1000$	=	34.33	%
	C.B.R	0.2"	$(632.67 \cdot 100) / 1500$	=	42.18	%
56 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(517.33 \cdot 100) / 1000$	=	51.73	%
	C.B.R	0.2"	$(894.00 \cdot 100) / 1500$	=	59.60	%

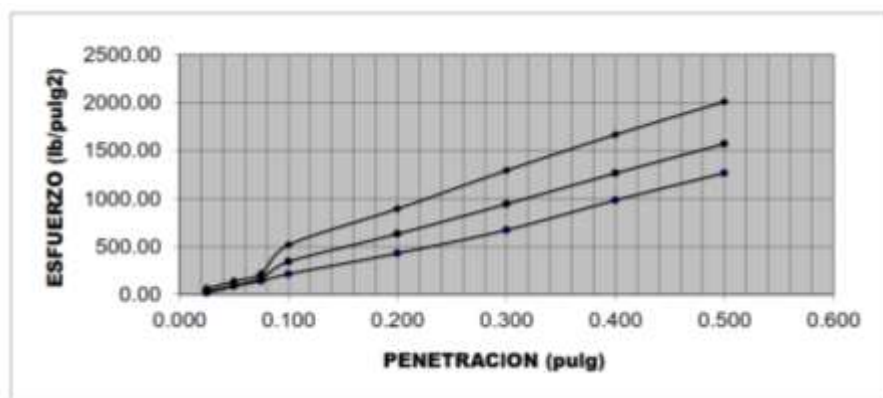


Figura 9. Ensayo de Penetración.

Fuente: Datos del Laboratorio

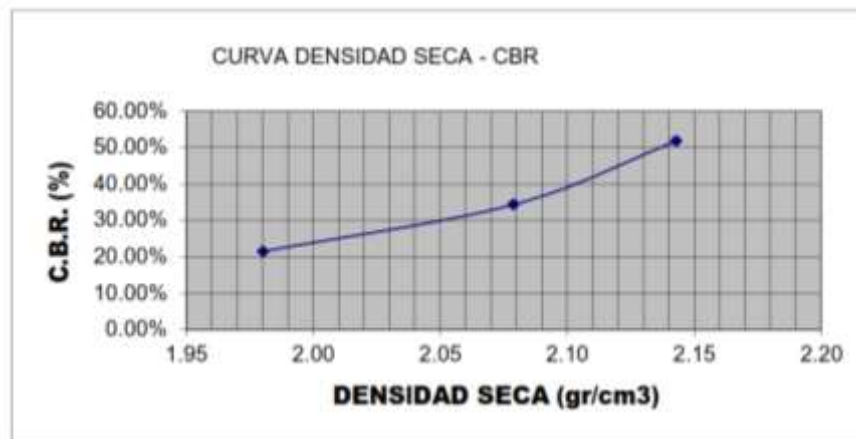


Figura 10. Curva Densidad Seca- CBR
Fuente: Datos del Laboratorio (USP)

CON ADICIÓN CENIZA BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR

Ensayo de Proctor Estándar

Tabla 18
Resultados Proctor Standard
compactación

Números de ensayo	1	2	3	4
peso suelo + molde	5945.0	6038.0	6109.0	6100.0
Peso suelo húmedo compactado	1941	2034	2105.0	2096.0
Peso volumétrico húmedo	2.072	2.171	2.247	2.237
Contenido de humedad				
Recipiente N°	11	20	13	19
Peso suelo húmedo + tapa	857.00	834.00	800.50	823.50
Peso suelos seco + tapa	825.00	795.00	753.50	764.70
Peso de la tara	158.30	165.50	165.80	163.90
Peso de agua	32.00	39.00	47.00	58.00
Peso de suelo seco	666.70	629.50	587.70	600.80
Contenido de agua	4.80	6.20	8.00	9.79
Peso volumétrico seco	1.977	2.044	2.080	2.038
Densidad máxima seca: 2.080 gr/cc		Humedad optima: 8.0 %		

Fuente: Elaboración Propia



Figura 11. Proctor Estándar con adición del CBCA
Fuente: Datos del Laboratorio (UPS)

Razón Soporte California (C.B.R) Con adición Bagazo de Caña De Azúcar

Tabla 19:

CBR con Adición de ceniza del bagazo de caña de Azúcar

todo de compactación	MOLDES					
	M-3		M-2		M-1	
Molde N°	M-3		M-2		M-1	
Numero de capas	5		5		5	
Numero de golpes por capa	12		25		56	
Sobrecarga	4530		4530		4530	
Condiciones de la muestra	Antes de saturar	Después de saturar	Antes de saturar	Después de saturar	Antes de saturar	Después de saturar
Peso molde + muestra	12420.00	12551.00	12460.00	12585.00	12610.00	12746.00
Humedad(gr)						
Peso del molde (gr)	7981.00	7981.00	7975.00	7975.00	7975.00	7975.00
Peso muestra húmeda (gr)	4439.00	4570.00	4485.00	4610.00	4635.00	4771.00
Volumen del molde (cc)	2041.00	2041.00	2015.00	2015.00	2037.00	2037.00
Densidad húmeda (gr/cc)	2.17	2.24	2.23	2.29	2.28	2.34
Numero de tara	44	30	5	9	4	6
Peso húmedo + tara (gr)	920.20	859.90	911.80	865.40	880.00	855.00
Peso seco + tara (gr)	868.50	806.30	859.80	812.20	829.50	804.00
Peso agua (gr)	51.70	53.60	52.00	53.20	50.50	51.00
Peso tara (gr)	169.90	168.20	166.50	167.60	169.70	164.10
Peso muestra seca (gr)	698.60	638.10	693.30	644.60	659.80	639.90
Contenido de humedad %	7.40	8.40	7.50	8.25	7.65	7.97
Densidad seca (gr/cc)	2.03	2.07	2.07	2.11	2.11	2.17

Fuente: Elaboración Propia

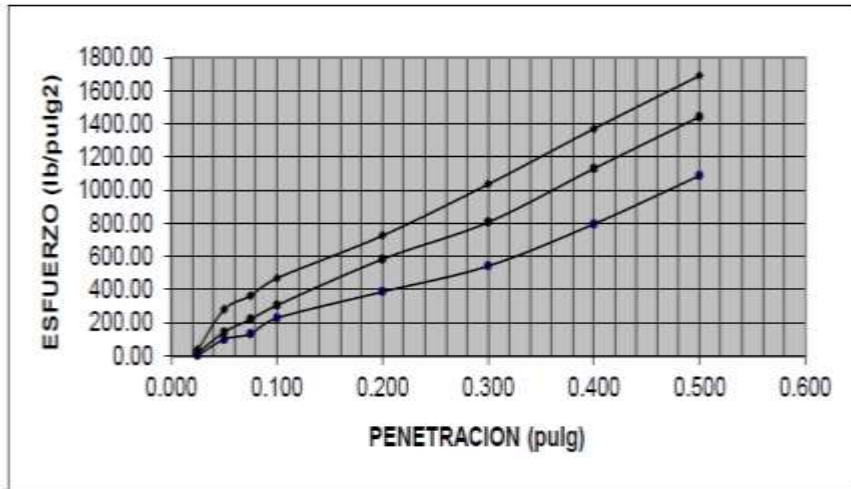


Figura 12 . CBR con adición de Caña de Azúcar
Fuente: Datos del Laboratorio (UPS)



Figura 13: Curva Densidad Seca-CBR
Fuente: Datos del Laboratorio (UPS)

ENSAYO DE CARGA DE PENETRACIÓN

Tabla 20

Ensayo de Carga de Penetración

Penet. pug	Molde N° 1 12 golpes			Molde N° 2 25 golpes			Molde N° 3 56 golpes		
	Lectura dial	Ensayos de carga lbs	Ensayos de carga Lbs/pulg 2	lectura dial	Ensayos de lbs	Ensayos de Lbs/pulg 2	Lectura dial	Ensayos de carga lbs	Ensayos de carga Lbs/pul g2
0.025	12	8	2.67	23	58	19.33	35	113	37.67
0.050	76	299	99.67	105	430	143.33	195	839	279.67
0.075	98	399	133.00	156	662	220.67	250	1089	363.00

0.100	161	685	228.33	212	916	305.33	320	1406	468.67
0.200	266	1161	387.00	396	1751	583.67	490	2178	726.00
0.300	413	1628	542.67	598	2420	806.67	695	3108	1036.00
0.400	536	2387	795.67	815	3390	1130.00	918	4111	1370.33
0.500	729	3263	1087.67	1016	4330	1443.33	1128	5074	1691.33

Fuente: Elaboración Propia

12 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(173.67*100)/1000$	=	22.83	%
	C.B.R	0.2"	$(335.67*100)/1500$	=	25.80	%
25 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(297.67*100)/1000$	=	30.53	%
	C.B.R	0.2"	$(550.00*100)/1500$	=	48.91	%
56 GOLPES	C.B.R	0.1"	$(424.87*100)/1000$	=	46.87	%
	C.B.R	0.2"	$(721.33*100)/1500$	=	48.40	%

ANÁLISIS TERMO GRAVIMÉTRICO DE CBCA

Curva de Pérdida de Masa-Análisis Termo gravimétrico

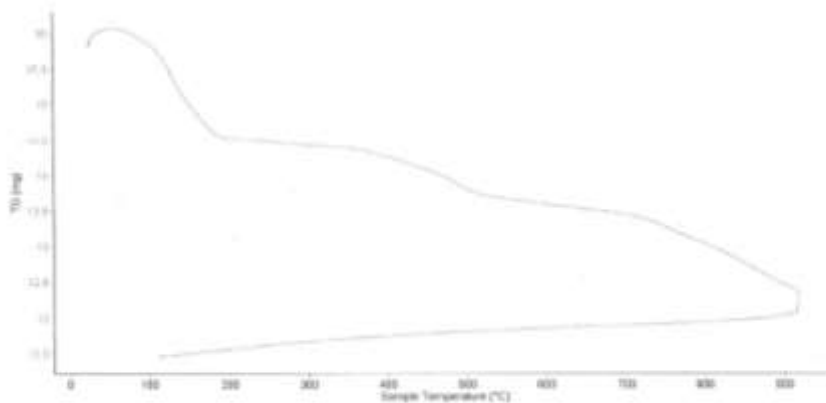


Figura 14. Análisis Térmico Gravimétrico

Fuente: Datos del Laboratorio (UNT)

Según el análisis Termo se muestra una caída en la masa del material en el rango entre 80° y 180°C, posteriormente la caída de la masa es en forma gradual, manifestando una pérdida total de aproximadamente 25% respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura.

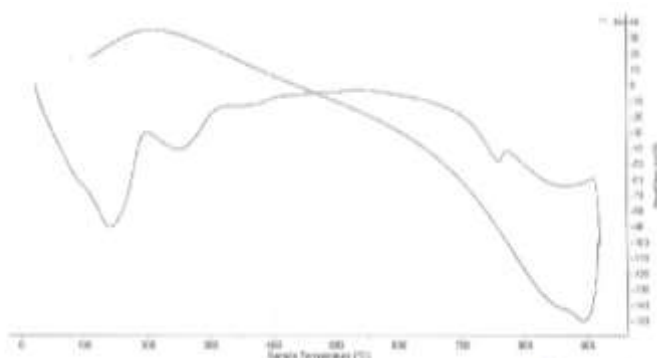


Figura 15. Curva Calorimétrica ADT
Fuente: Datos del laboratorio (UNT)

De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra un ligero Pico endotérmico a 150°C y a 250°C, posteriormente a 770°C se muestra un ligero pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE PH

Tabla 21:
Análisis De Alcalinidad

MATERIAL	pH
Suelo Natural	6.39
Cemento	12.54
Ceniza del bagazo de caña de azúcar (CBCA)	10.85
Suelo calicata 1 + 4% cemento	11.05
Suelo calicata 1 + 1% ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA)	7.51

Fuente: Elaboración Propia.

COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS.

Tabla 22
Composición Química Expresada como Óxidos del CBCA

COMPOSICION QUIMICA	OXIDO	% MASA	NORMAIIZADO
Trióxido de Aluminio	Al_2O_3	9.096	10.217
Dióxido de Silicio	SiO_2	65.948	74.077
Pentoxido de Fosforo	P_2O_5	0.868	0.975
Dióxido de Azufre	SO_2	1.333	1.497

Dióxido de cloro	ClO_2	0.255	0.287
Oxido de potasio	K_2O	4.926	5.533
Oxido de calcio	CaO	3.421	3.842
Dióxido de titanio	TiO_2	0.280	0.315
Pentóxido DE vanadio	V_2O_5	0.018	0.020
Trióxido de Cromo	Cr_2O_3	0.007	0.008
Oxido de manganeso	MnO	0.061	0.068
Trióxido de hierro	Fe_2O_3	2.670	2.999
Trióxido de Níquel	Ni_2O_3	0.002	0.002
Oxido de cobre	CuO	0.017	0.019
Óxido de zinc	ZnO	0.080	0.109
Oxido de estroncio	SrO	0.014	0.016
Dióxido de circonio	ZrO_2	0.011	0.012
Sumatoria ($SiO_2 + Al_2O_3 + Fe_2O_3$)			77.714

Fuente: Universidad Nacional Mayor de San Marcos

La composición de la ceniza de bagazo de la caña de azúcar cuenta 65.948% de dióxido de sílice el cual es un indicador para la Resistencia, así mismo el trióxido de aluminio con 9.096% y trióxido de hierro con 2.670% sumando un 77.714% el cual cumple con la Norma ASTM C-618.

COMPOSICIÓN DEL CEMENTO

Tabla 23
Composición del Cemento

ASTM C150		
Items	Units	Specification
Chemical analysis		
SiO ₂	%	≤ 22.0
Al ₂ O ₃	%	≤ 5.80
Fe ₂ O ₃	%	≤ 4.00
CaO	%	≥ 59.00
MgO	%	≤ 6.00
SO ₃	%	≤ 3.0

Fuente: Norma ASTM C-150

IV). ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

GRANULOMETRÍA

La clasificación de suelos de la calicata-1 SM, por lo tanto el tipo de suelo, de la zona de estudio, puede considerarse SM, ARENA LIMOSA, lo cual es un suelo característico de la zona.

Proctor Modificado

Máxima Densidad Seca

La grafica muestra como la densidad seca aumenta con la sustitución del cemento frente a un suelo patrón, la sustitución de la ceniza del bagazo de caña de azúcar disminuye frente a un suelo patrón, mostrando que para la sustitución, ha resultado variable.

Para la calicata C-1 adicionando un 4% de cemento, se alcanza una densidad seca de 2.120g/cm³, frente al patrón 2.091g/cm³ considerando un aumento con la adición. También sustituyendo con 1% de ceniza del bagazo de caña de azúcar, se alcanza 2.080g/cm³ frente al patrón 2.091g/cm³.

Contenido Optimo de Humedad

Calicata C-1 del contenido de humedad es 8.6% y con la adición del cemento disminuye 7.6%.

Calicata C-1 del contenido de humedad es de 8.6% y con la adición del Bagazo de caña de azúcar disminuye 8.0%.

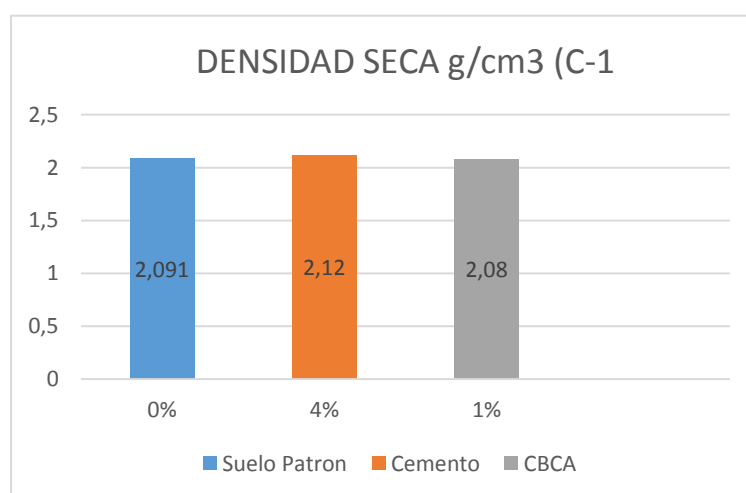


Figura 16. Resultado de MDS C-1
Fuente: Elaboración propia.

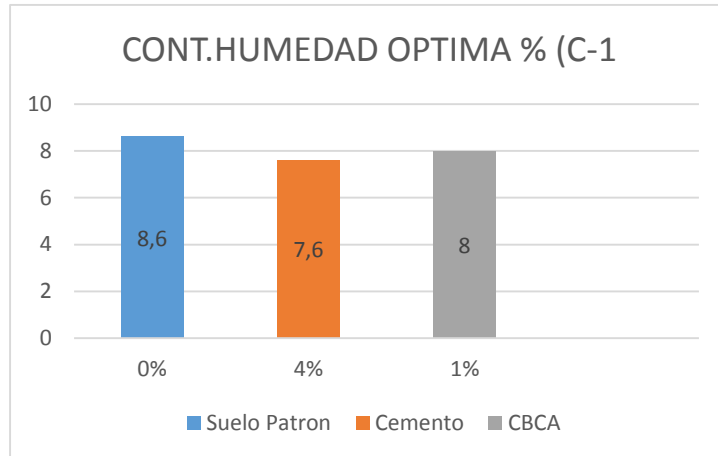


Figura 17. Resultado de Contenido de Humedad C-1
Fuente: Elaboración Propia.

CBR- CALICATA C-1

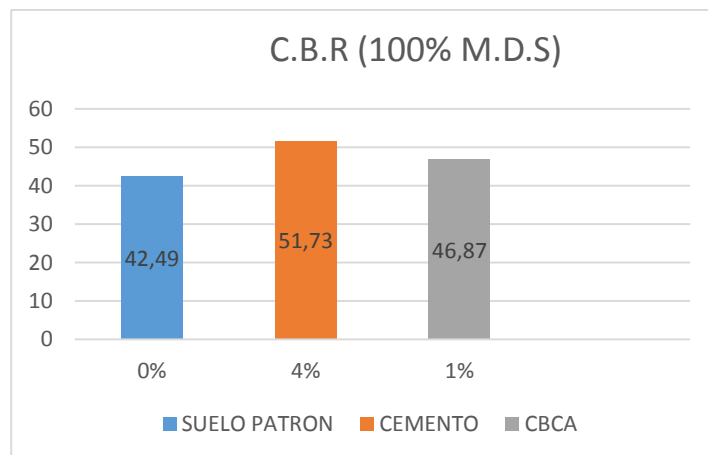


Figura 18. Comparación Resultado De CBR Al 100% Adicionando CBCA C-1
Fuente: Elaboración Propia

Los valores de CBR obtenidos en el laboratorio de la UPS, se obtuvo un CBR del suelo patrón de 42.49 y con la adición del cemento y la CBCA 51.73 y 46.87 frente al suelo patrón siendo valores altos y cumpliendo con la Norma del MTC, con estos valores el suelo ya no necesita ser estabilizado.

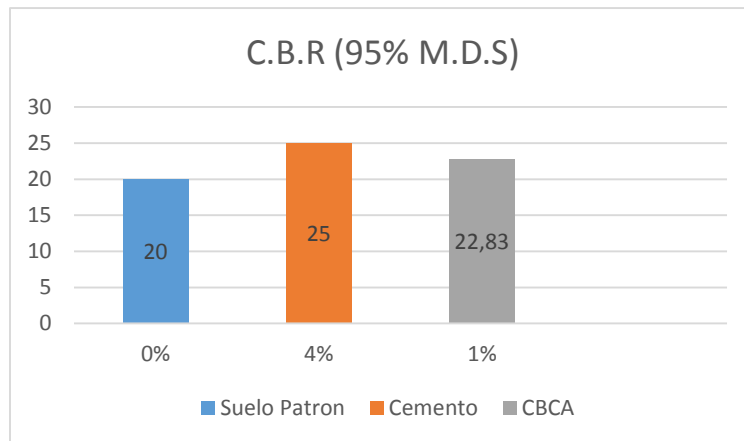


Figura 19. Comparación Resultado De CBR Al 95% Adicionando CBCA C-1
Fuente: Elaboración Propia

Los valores de CBR obtenidos en el laboratorio de la UPS, se obtuvo un CBR al 95% del suelo patrón de 20 y con la adición del cemento y la CBA 25% y 22.83 frente al suelo patrón, con estos valores el suelo ya no necesita ser estabilizado o tratado.

Composición Química

De acuerdo al análisis de Rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) muestra de Ceniza del Bagazo de caña de azúcar, en la cual predomina la presencia de los elementos Si, Al, K, Ca, Fe, S, y p. según la Norma ASTM C-618 la composición de la ceniza contiene estos tres elementos ($SiO_2 + Al_2O_3 + FeO_3$), cumplen satisfactoriamente con lo experimental.

Ensayo De Ph

Tabla 24:
Ensayo de Ph

MUESTRA	RESULTADO	pH
Suelo-calicata 1	Ligeramente acida	6.39
Cemento	Extremadamente alcalino	12.54
Ceniza del bagazo de caña de azúcar	Extremadamente alcalino	10.85
Suelo calicata 1 +4% cemento	Extremadamente alcalino	11.05

suelo calicata 1 + 1% ceniza del bagazo de caña de azúcar	Ligeramente alcalina	7.51
---	----------------------	------

Fuente: Datos de laboratorio (UNASAM)

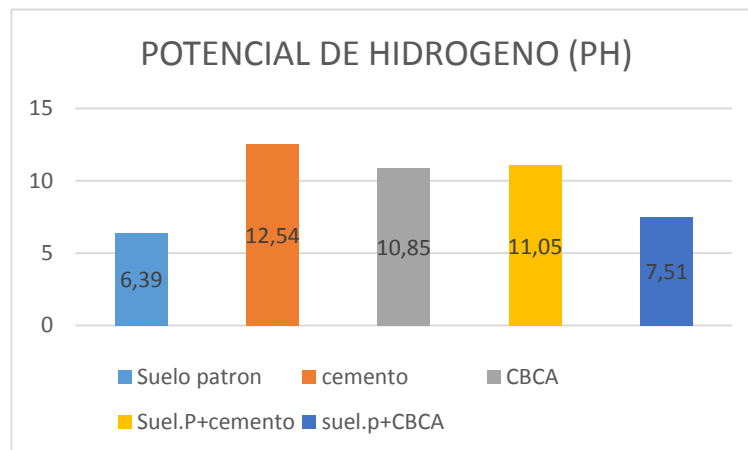


Figura 20. Comparación de resultados del potencial hidrogeno Ph.
Fuente: Elaboración Propia

V). CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Mediante el ensayo térmico diferencial (DTA) se obtuvo la temperatura de calcinación de las cenizas de Bagazo de caña de azúcar, este material logra una estabilidad térmica a 770°C. En la investigación consideramos una temperatura de 700°C por tres horas.

Las cenizas del Bagazo de caña de azúcar (CBCA) tienen comportamiento puzolánicos porque en su composición química tiene presencia de Sílice, Aluminio y fierro (77.14%) superando el 70% que indica la Norma C618, esto favorece el comportamiento del suelo.

El pH del CBCA es de 10.85, la combinación del suelo patrón con 4% de cemento es de 11.05% es extremadamente alcalino y la combinación del suelo patrón con 1% de CBCA es de 7.51 esto es calificada como ligeramente alcalino.

La capacidad de soporte (CBR) del suelo patrón C-1 al 100% es 42.49, el experimental con cemento es 51.73% y el experimental con CBCA es 46.86%, notando un incremento de 21% y 10% respecto al suelo patrón.

La capacidad de soporte (CBR) del suelo patrón C-1 al 95% es de 20 del suelo patrón, del experimental con cemento es 25 y el experimental con CBCA 22.83, notando un incremento de 25% y 14% respecto al patrón.

Ambos resultados de CBR del suelo patrón fueron realizados de forma individual para cada material experimental: 4% de cemento Portland tipo I y 1% de CBCA, que cumplen con lo estipulado por el Manual de Suelos y Pavimentos que admite un $CBR \geq 6\%$.

El suelo patrón de la localidad de Cantú según la clasificación SUCS Y ASSHTO tiene una característica Arenas Limosas sin plasticidad, teniendo una capacidad de soporte superior a 40% según la evaluación del CBR al 100%; Cabe

indicar respecto a la estabilización de suelos en criterios geotécnicos a tener en cuenta para los materiales en sub rasante suelos con $\text{CBR} \leq 6\%$ son suelos inadecuados y serán tratados. El suelo patrón de estudio tiene valores de CBR superior al mínimo establecido por el Manual de Suelos y Cimentaciones; sin embargo debe señalarse que se prosiguió con el lugar establecido como parte de una ubicación propuesta y justificada. Sin embargo la presente tesis desde un carácter de investigación y de tipo libre realizó la aplicación de estos estabilizantes de forma separada en 4% de cemento portland tipo I y 1% de CBCA.

Recomendaciones

Realizar investigaciones similares con la combinación de los porcentajes ejecutados en la presente tesis.

Continuar la investigación con porcentajes mayores a fin de evaluar el potencial de los elementos. Ya que con 1% se obtienen un crecimiento relativo que cumple con la norma.

Hacer un análisis anticipado de la cantidad a utilizar en la investigación de la ceniza del Bagazo de caña de azúcar, para poder obtener resultados mejores.

Se recomienda realizar

Evaluar la Posibilidad de hacer una repetición de la experiencia en otros tipos de suelos, predominantes de la zona.

Hacer una evaluación del costo beneficio de este uso de estabilizadores así como rentabilidad y disponibilidad en el Mercado.

Antes de plantear una tesis en una zona conocida realizar el ensayo del tipo de suelo, para no obtener resultados inadecuados en la tesis.

VI).AGRADECIMIENTO

En este momento de mi vida, quiero dedicar este triunfo a las personas que me han apoyado durante todo el proceso y han hecho que este sueño se haga realidad: a Dios por ser lo más grande en nuestra vida y por ser nuestra fortaleza en cada momento, a mis padres VICENTE LUJERIO ROLDAN Y JUANA URBANO CADILLO, por su comprensión, amor, confianza y respeto, me brindaron su apoyo incondicional en todo momento durante todo mi trayecto estudiantil, a mi hermano ELEAZAR que muchas veces hizo su labor de padre, a los docentes y asesores de la universidad, que nos han formado como profesionales con ética y valores.

VII). REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

Crespo V. C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones, México: Limusa

Fernández L. C. (1982). Mejoramiento y estabilización de los suelos. Editorial Limusa. México.

Guías técnicas de estabilización de suelos con cemento (IECA)

José A. Copado Beltrán (2011) “Estabilización de un suelo arcilloso con cal Hidratada, para ser utilizada como capa subrasante de pavimentos en la colonia san Juan capistrano de ciudad obregón SON”, ciudad obregón, Sonora, 01, 12,2011.

Juárez E. (2005).”Mecánica de suelos I: Fundamentos de la mecánica de suelos”. México: Limusa.

Kharade (2014). “Aplicación de la ceniza del gabazo de la caña de azúcar” departamento de ingeniería Civil, Universidad Zaria, 8, 12, 20,2014.

Sadeq, O. Y Tijjani, S, (2015) “efecto de las cenizas de bagazo de caña de azúcar en suelos cohesivos”. Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Ahmadu Bello, Zaria, Nigeria., 9,10-25.2015, De Jordán Diario de Ingeniería Civil.

Según Ing. Rico del Castillo: “ingeniería de suelos en las vías terrestres y autopistas, México 2005”

Según el ministerio de transportes y comunicaciones manual de diseño de carreteras, lima- Perú 2008.

VIII). ANEXOS Y APENDICES

Panel Fotográfico:

Foto 1: Carretera de Cantú.



Foto 2: Calicata N°01 a un 1.50m según la Norma.



Foto 3: Calicata N°01 a un 1.50m de profundidad para el respectivo ensayo.



Foto 5: 80 kilos del suelo natural para realizar los ensayos de laboratorio.



Foto 6: Cuarteo de la muestra para la granulometría.



Foto 7: Lavado de la muestra para luego ser secado en horno.



Foto 8: 300gr de la muestra.



Foto 9: 25 golpes para determinar el límite de plasticidad.



Foto 10: cuatro de 300gr para determinar el ensayo de proctor modificado.



Foto 11: Agregando un porcentaje de agua para el ensayo de proctor.



Foto 12: Ensayo proctor estándar



Foto 13: peso del molde + muestra



Foto 14: Peso de la muestra seca



Foto 15: Molde.



Foto 16: Adicionando al suelo natural porcentajes de cemento.



Foto 17: porcentaje de agua para el proctor modificado con adición del cemento.



Foto 18: Moldes para el ensayo de penetración



Foto 19: Ensayo de penetración.



Foto 20: Moldes del ensayo de penetración.



Foto 21: Bagazo De Caña De Azúcar



Foto 22: Quemado del Bagazo de caña de azúcar (CBCA)



**ENSAYO ANÁLISIS TÉRMICO
DIFERENCIAL (TDA)**

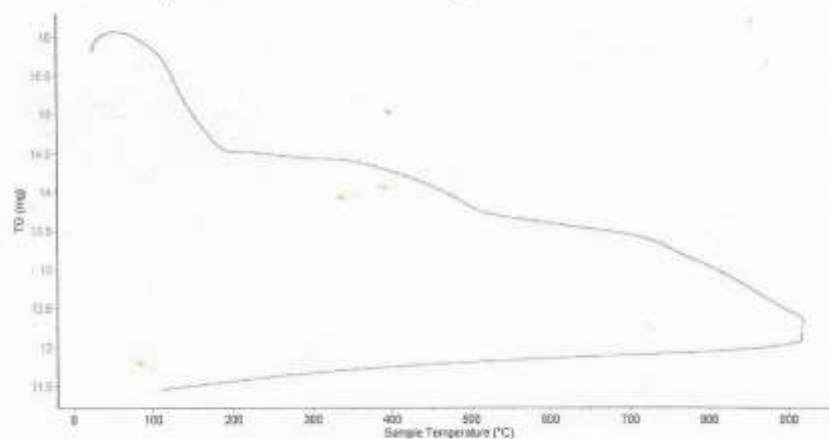


Trujillo, 20 de setiembre del 2017

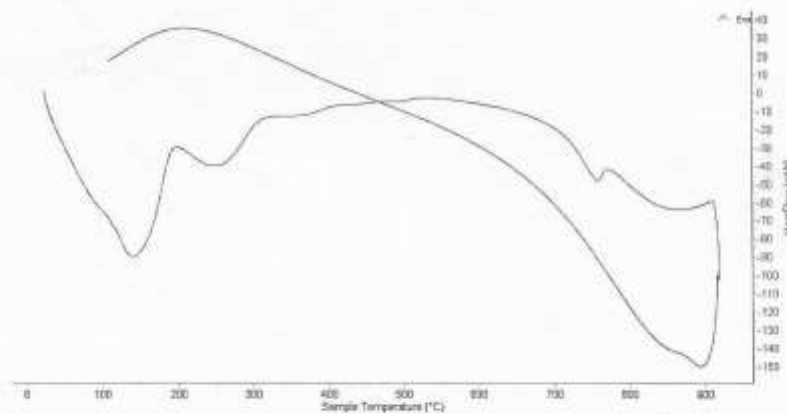
INFORME N° 102 - SET 17

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica ATD



Tel.: 44-203510940/19088099080000 | dmchavez@untrujillo.edu.pe / Av. Juan Pablo II s/n, Ciudad Universitaria, Trujillo, Perú
Danny M. Chávez Novoa
S. M. I. R. I. L.
P. C. P. M. C. I. S.



Trujillo, 20 de setiembre del 2017

INFORME N° 102 - SET 17

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se muestra una caída en la masa del material en el rango entre 80 y 180°C, posteriormente la caída de la masa es en forma gradual, manifestando un pérdida total de aproximadamente 25 % respecto a su masa inicial cuando se alcanza la máxima temperatura de ensayo.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, se muestra un ligero pico endotérmico a 150°C y a 250°C, posteriormente a 770°C se muestra un ligero pico endotérmico que indicaría algún posible cambio de fase y cambio en las características del material.

Trujillo, 20 de setiembre del 2017



Ing. Danny Mesías Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros

Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

Danny M. Chávez Novoa
Jefe de Laboratorio de Polímeros

ANÁLISIS QUÍMICO



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

Informe N°60-LAQ/2017

**Análisis por FRXDE de una muestra de ceniza de bagazo de
caña de azúcar.**

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar a pedido de la Srta. **Lujerio Urbano, Lisbeth Yenny**, alumna de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

"Efectos de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos de la carretera Decantu – Huaraz."

La muestra está en forma de grano fino de color gris oscuro.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 5000 cts/s

Esta técnica permite detectar y cuantificar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Mg ($Z=12$) no pueden ser registrados en el espectro.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Arqueometría

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos.. Como consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

La presencia en el espectro de los rayos-X de oro dispersados por la muestra interfiere con la detección de los rayos-X característicos de elementos como germanio y selenio, a menos que se encuentren en altas concentraciones.

El análisis elemental de la muestra se hace primero de manera cualitativa para identificar la presencia de elementos en la muestra. Para el análisis cuantitativo se utiliza un programa que se basa en el método de parámetros fundamentales y simula todo el arreglo experimental incluyendo: composición elemental de la muestra, geometría experimental, distribución espectral de los rayos-X que emite la fuente y su interacción con la muestra y el proceso de detección. En esta etapa se puede identificar la presencia de picos de rayos-X característicos que pudieron haber pasado inadvertidos en la parte cualitativa por superponerse a picos más intensos. Este programa se calibra usando una muestra de referencia certificada denominada "Suelo de San Joaquín" adquirida de la NIST.

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar, en la cual predomina la presencia de los elementos Si, Al, K, Ca, Fe, S y P. La línea roja representa el espectro experimental y la curva azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en el proceso de calcinación y luego se normalizan para dar un total de 100%. Debe recalcar que la técnica da directamente la concentración de los elementos químicos. Estos resultados se utilizan luego para determinar la concentración de los óxidos.

Tabla 1. Composición elemental de la muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar en % de masa.

Óxido	% masa	Normalizado
Al ₂ O ₃	9.096	10.217
SiO ₂	65.948	74.077
P ₂ O ₅	0.868	0.975
SO ₂	1.333	1.497
ClO ₂	0.255	0.287
K ₂ O	4.926	5.533
CaO	3.421	3.842
TiO ₂	0.280	0.315
V ₂ O ₅	0.018	0.020
Cr ₂ O ₃	0.007	0.008
MnO	0.061	0.068
Fe ₂ O ₃	2.670	2.999
Ni ₂ O ₃	0.002	0.002
CuO	0.017	0.019
ZnO	0.080	0.109
SrO	0.014	0.016
ZrO ₂	0.011	0.012
Totales	89.016	100.00

La suma en términos de contenido de óxidos es un menor que 100% indicando que la ceniza de bagazo de caña de azúcar puede contener compuestos de Na y/o Mg que no se pueden



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Archeometría

detectar por esta técnica y/o diferentes que óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento. Para aclarar esta situación se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X para determinar los compuestos que contiene la muestra con mayor detalle.

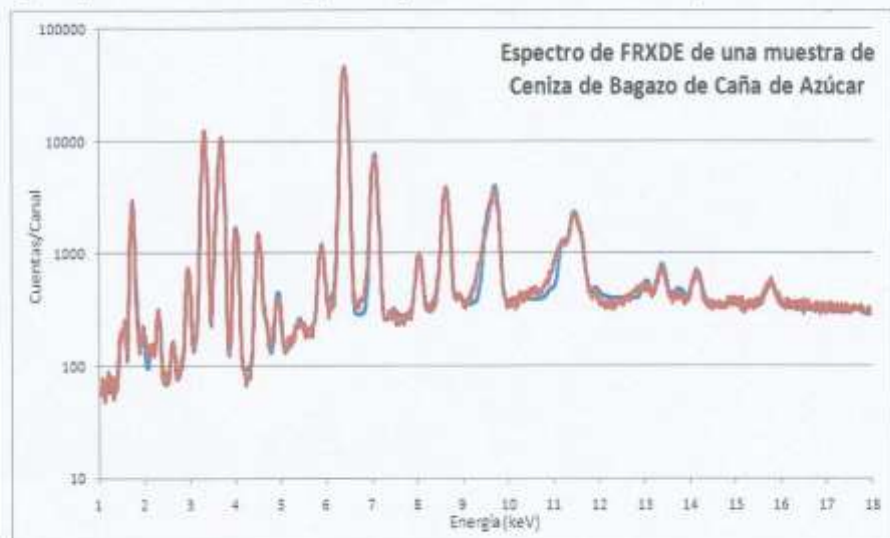


Figura 1. Espectro de FRXDE de una muestra de ceniza de bagazo de caña de azúcar en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Archeometría

Lima, 10 de octubre del 2017

GRANULOMETRÍA



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(NORMA AASHTO T-27, ASTM D422, MTC E 304)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS

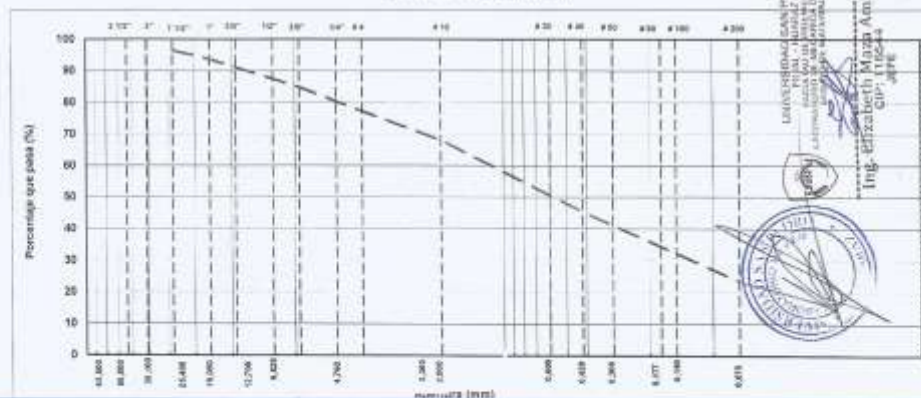
OBRA : EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ
SOLICITA : LUJERIO URBANO LISBETH YENNY
ELEMENTO : SEELON
CANTERA :
PROG (KM.) :
HECHO POR : LAB USP
ING. RESP. : L.D.S
FECHA : 27-06-17

DATOS DE LA MUESTRA

CALICATA : 1
MUESTRA : 1
FM :
PROFUND : 1.5 m
TAMANO MAXIMO : 2.12"
PESO INICIAL : 42.177.5 g
FRACCION LAVADA SECA : 32.576.5

TAMIZ	ANCHO T. (P)	PESO OPR	RETENIDO RETENIDO	RETENIDO ACUMULADO	RETENIDO % QUE PESA	ESPECIFICACIONES USO B	FORMULA DE TRABAJO	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
3 1/2"	89.99							
3"	76.200							
2 1/2"	63.500	0.0	0.0	0.0	100.0			%Peso Piedra: 22.8%
2"	50.800	670.0	1.6	1.6	59.4			% Peso arena: 17.2%
1 1/2"	38.100	603.0	1.9	3.5	56.5			Lima Liquido (L) P.M.B
1"	25.400	1170.0	2.8	6.3	53.7			Lima Plano (LP) 0.00
3/4"	19.050	1100.0	2.6	8.9	51.1			Indio Plano (IP) NP
1/2"	12.700	1632.0	3.0	12.5	67.5			Clasifino (eSUCS) SM
3/8"	9.525	1100.0	2.6	15.1	64.9			Clasifio (AASHTO) A-1-b(1)
1/4"	6.325	1868.0	4.3	19.4	60.6			% Humedad
# 4	4.750	1418.0	3.4	22.8	77.2			
# 10	2.000	3838.2	9.1	31.9	88.1			
# 16	1.190	2741.5	6.5	38.4	61.6			
# 20	0.840	1992.7	3.8	42.2	57.8			
# 30	0.600	1640.2	4.6	46.8	53.2			
# 40	0.425	1299.8	7.8	54.6	45.4			OBSERVACIONES :
# 50	0.300	927.8	2.2	56.8	43.2			
# 60	0.177	1367.5	3.1	59.9	40.1			
# 100	0.150	4723.9	11.2	71.1	28.9			
# 200	0.075	2277.8	5.4	76.5	23.5			
# N° 200 FONDO		6327.2	23.5	100				
FRACCION								
TOTAL								

CURVA GRANULOMETRICA



RECTORADO: Av. José Pardo 104-Chimbote / Perú - Telf.: (043) 483320
CAMPUS UNIVERSITARIA: Urb. Los Pinos Telf.: (043) 483222 / 483817 / 483201 - Av. Bolognesi 421 Telf.: (043) 483610
Nuevo Chimbote Av. Pacifico y Anchoyeta Telf.: (043) 483802 / San Luis Telf.: (043) 483826
OFICINA DE ADMISION: Esq. Aquino y Espinar - Teléfono: 043 345899 - www.uspandero.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

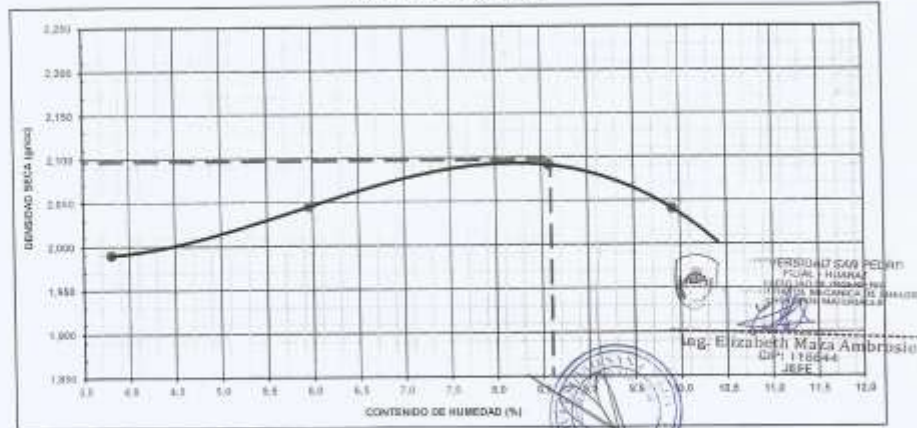
**ENSAYO DE PROCTOR
MODIFICADO Y CBR.**



ENSAYO DE PROCTOR STANDARD	
(AASHTO - T-99, ASTM D1557, MTC E115)	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA :	"EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ"
SOLICITA :	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY
MATERIAL :	SUB-RASANTE
HECHO POR :	Lab. U.S.P.
ING. RESP. :	L.D.B
FECHA :	27-abr-17

COMPACTACION (METODO B)				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) :	929			
PESO DEL MOLDE (gr.) :	4191			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	6110.0	6204.0	6300.0	6275.0
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1919	2015	2108	2084
PESO VOLUMETRIC HUMEDO	2.066	2.167	2.270	2.242
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE No.	49	1	22	40
PESO SUELO HUMEDO + TARA	798.00	757.00	738.00	799.00
PESO SUELOS SECO + TARA	772.00	724.00	690.00	739.00
PESO DE LA TARA	167.20	170.30	155.60	164.00
PESO DE AGUA	73.00	33.00	45.00	57.00
PESO DE SUELO SECO	604.80	553.70	524.40	575.00
CONTENIDO DE AGUA	3.80	5.96	8.58	9.91
PESO VOLUMETRIC SECO	1.990	2.046	2.091	2.041
DENSIDAD MAXIMA SECA :	2.091	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA :	8.6 %

GRAFICO DEL PROCTOR





OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ				
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY				
CALICATA	I				
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB - RASANTE	FECHA	27/04/2017

RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C B R.)

METODO DE COMPACTACION MOLDE N° NUMERO DE CAPAS NUMERO DE GOLPES POR CAPA SOBRECARGA CONDICIONES DE LA MUESTRA	MOLDES					
	M-3		M-2		M-1	
	5	5	5	5	5	5
	12	25	25	56	56	56
	4530	4530	4530	4530	4530	4530
	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	12335,00	12436,00	12416,00	12441,00	12651,00	12693,00
Peso del Molde (gr)	7981,00	7981,00	7975,00	7975,00	7975,00	7975,00
Peso Muestra Húmeda (gr)	4354,00	4455,00	4441,00	4466,00	4676,00	4718,00
Volumen del molde (cc)	2041,00	2041,00	2015,00	2015,00	2037,00	2037,00
Densidad húmeda (gr/cc)	2,13	2,18	2,20	2,22	2,30	2,32
Número de Tara	18	15	40	21	49	16
Peso húmedo + Tara (gr)	676,00	683,00	651,00	662,20	687,00	671,20
Peso Seco + Tara (gr)	638,50	643,70	615,00	624,30	649,50	632,60
Peso Agua (gr)	37,50	39,30	36,00	37,90	37,50	38,60
Peso Tara (gr)	164,60	167,90	164,00	167,70	167,20	161,90
Peso Muestra Seca (gr)	473,90	475,80	451,00	456,60	482,30	470,70
Contenido de Humedad %	7,91	8,26	7,98	8,30	7,78	8,20
Densidad Seca (gr/cc)	1,98	2,02	2,04	2,05	2,13	2,14

DATOS DE EXPANSION

MOLDE N°		SOBRE CARGA						
FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %
NO EXPANSIVO								



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CANTU-HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
INGENIERIA DE MATERIAS
Ing. Elizabeth Maza Ambrojo
CIF: 118544
JEFE

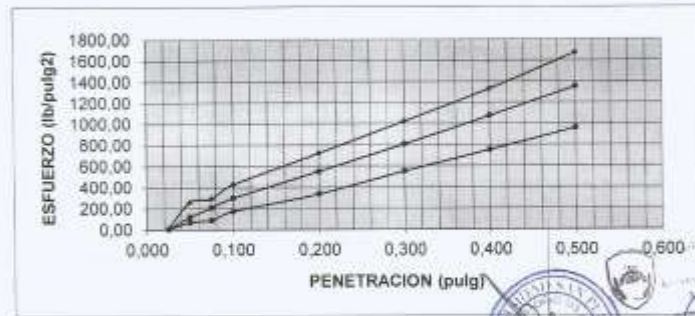


OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ				
SOLICITA	LUJERO URBANO LISBETH YENNY				
CALICATA	I				
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB-RASANTE	FECHA	27/04/2017

ENSAYO DE CARGA - PENETRACION

PENET. pulg.	M O L D E N° 1 12 GOLPES			M O L D E N° 2 25 GOLPES			M O L D E N° 3 56 GOLPES		
	LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA		LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA		LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA	
		lbs	lbs/pulg2		lbs	lbs/pulg2		lbs	lbs/pulg2
0,025	7	14,51	4,84	14	17,26	5,75	18	35,42	11,81
0,050	57	212,4	70,80	90	362	120,87	183	784,4	261,47
0,075	70	272	90,67	147	621	207,00	203	875,2	291,73
0,100	125	521	173,67	193	893	297,87	291	1274,6	424,87
0,200	232	1007	335,87	386	1650	550,00	487	2164	721,33
0,300	353	1656	552,00	588	2423	807,67	687	3072	1024,00
0,400	485	2255	751,67	787	3226	1075,33	890	3994	1331,33
0,500	667	2881	960,33	998	4060	1353,33	1116	5019	1673,00

12 GOLPES	{	C.B.R.	0.1"	(173.67*100)/1000	=	17,37	%
		C.B.R.	0.2"	(335.87*100)/1500	=	22,38	%
25 GOLPES	{	C.B.R.	0.1"	(297.67*100)/1000	=	29,77	%
		C.B.R.	0.2"	(550*100)/1500	=	36,67	%
56 GOLPES	{	C.B.R.	0.1"	(424.87*100)/1000	=	42,49	%
		C.B.R.	0.2"	(721.33*100)/1500	=	48,09	%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CANTU - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
CENTRO DE INVESTIGACION DE SUELOS Y
MATERIALES

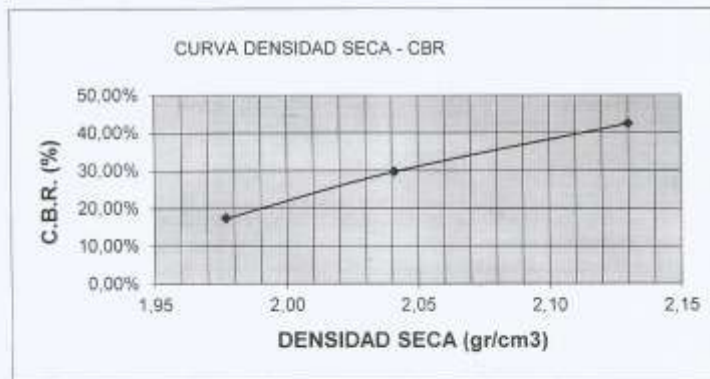
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
C# 118344
JEFE



OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ*				
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY				
CALICATA	I				
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB - RASANTE	FECHA	27/04/2017

Densidad Seca (gr/cc)	2,13	2,04	1,98
-----------------------	------	------	------

N° DE GOLPES	56	25	12	
C.B.R.	0.1"	42,49%	29,77%	17,37%



DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	2,09
HUMEDAD OPTIMA (%)	8,6

C. B. R. 100 (%)	42,49
C. B. R. 95 (%)	20,00



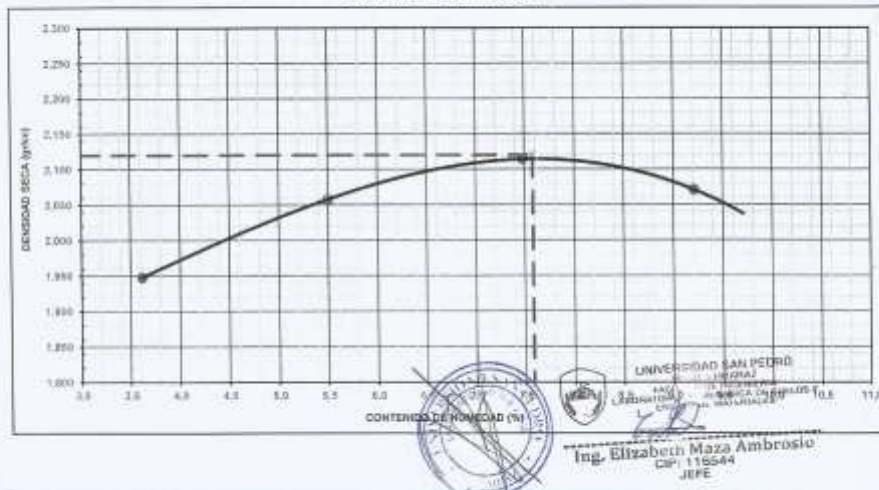
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CANTU - HUARAZ
CALLE DE LA INDEPENDENCIA
CALLE DE LA LIBERTAD Y
CALLE DE LA JUSTICIA
Ing. Eli...
CIP: 116044
JEFE



ENSAYO DE PROCTOR STANDARD (AASHTO - T-180, ASTM D1557, NYC E115)	
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS CONCRETOS Y PAVIMENTOS	
OBRA :	"EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ"
SOLICITA :	LUIERIO URBANO LISBETH YENNY
MATERIAL :	SUB-RASANTE CON ADICION DE CEMENTO
HECHO POR :	Lab. U.S.P
ING. RESP :	E.M.A
FECHA :	27-abr-17

COMPACTACION (METODO B)					
VOLUMEN DEL MOLDE (cm ³) :	929	PESO DEL MOLDE (gr.) :			4191
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE		6068,0	6208,0	6362,0	6232,0
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO		1875	2017	2111	2101
PESO VOLUMETRICO HUMEDO		2,018	2,171	2,272	2,262
CONTENIDO DE HUMEDAD					
RECIPIENTE Nro		18	10	37	35
PESO SUELO HUMEDO + TARA		768,00	745,00	758,00	759,00
PESO SUELOS SECO + TARA		745,00	715,00	717,00	709,00
PESO DE LA TARA		164,60	159,80	163,10	165,10
PESO DE AGUA		21,00	30,00	41,00	50,00
PESO DE SUELO SECO		580,40	545,20	547,90	542,90
CONTENIDO DE AGUA		3,62	5,50	7,48	9,21
PESO VOLUMETRICO SECO		1,948	2,058	2,114	2,071
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2,120	gr/cc		HUMEDAD OPTIMA:	7,6 %

GRAFICO DEL PROCTOR



OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ				
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY				
CALICATA	I				
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB - RASANTE CON ADICION DE CEMENTO	FECHA	27/04/2017

RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

METODO DE COMPACTACION

MOLDE N°

NUMERO DE CAPAS

NUMERO DE GOLPES POR CAPA

SOBRECARGA

CONDICIONES DE LA MUESTRA

	MOLDES					
	M-3		M-2		M-1	
	5		5		5	
	12		25		56	
	4530		4530		4530	
	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR
Peso molde+Muestra Húmeda(gr)	12321,00	12443,00	12467,00	12526,00	12653,00	12710,00
Peso del Molde (gr)	7981,00	7981,00	7975,00	7975,00	7975,00	7975,00
Peso Muestra Húmeda (gr)	4340,00	4462,00	4492,00	4551,00	4678,00	4735,00
Volumen del molde (cc)	2041,00	2041,00	2015,00	2015,00	2037,00	2037,00
Densidad húmeda (gr/cc)	2,13	2,19	2,23	2,26	2,30	2,32

Número de Tara	36	12	26	10	21	8
Peso húmedo + Tara (gr)	673,00	699,00	755,50	694,40	728,50	692,40
Peso Seco + Tara (gr)	638,00	658,00	716,00	653,30	691,00	651,70
Peso Agua (gr)	35,00	41,00	39,50	41,10	37,50	40,70
Peso Tara (gr)	163,70	167,90	169,80	169,80	167,70	167,20
Peso Muestra Seca (gr)	474,30	490,10	546,20	483,50	523,30	484,50
Contenido de Humedad %	7,38	8,37	7,23	8,50	7,17	8,40
Densidad Seca (gr/cc)	1,98	2,02	2,08	2,08	2,14	2,14

DATOS DE EXPANSION

MOLDE N°		SOBRE CARGA		LECTURA		HINCHAM.		LECTURA		HINCHAM.	
FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %	LECTURA DIAL	HINCHAM. mm. / %	
NO EXPANSIVO											

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CANTU-HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118544
JEFE



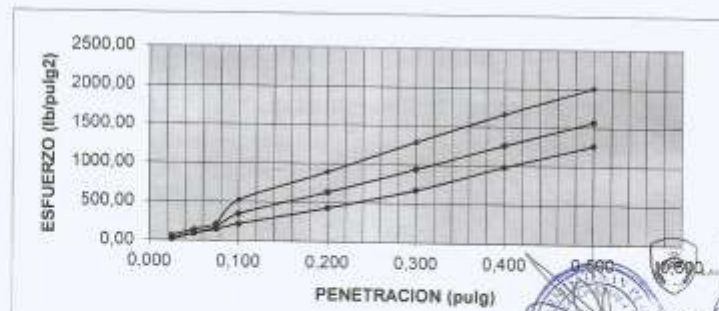
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ		
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY		
CALICATA	I		
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB - RASANTE CON ADICION DE CEMENTO
		FECHA	27/04/2017

ENSAYO DE CARGA - PENETRACION

PENET pulg	M O L D E N° 1			M O L D E N° 2			M O L D E N° 3		
	LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA		LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA		LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA	
		lbs.	lbs/pulg2		lbs.	lbs/pulg2		lbs.	lbs/pulg2
0.025	21	49	18.33	32	99	33.00	53	194	64.67
0.050	68	262	87.33	73	265	95.00	103	421	140.33
0.075	106	431	143.67	122	508	169.33	155	657	219.00
0.100	152	644	214.67	237	1030	343.33	352	1552	517.33
0.200	295	1293	431.00	407	1898	632.67	601	2682	894.00
0.300	455	2019	673.00	585	2829	943.00	865	3880	1293.33
0.400	660	2950	983.33	806	3792	1264.00	1130	4998	1666.00
0.500	847	3798	1266.00	1048	4711	1570.33	1380	6027	2009.00

12 GOLPES	}	C.B.R.	0.1"	(214.67*100)/1000	=	21.47	%
		C.B.R.	0.2"	(431*100)/1500	=	28.73	%
25 GOLPES	}	C.B.R.	0.1"	(343.33*100)/1000	=	34.33	%
		C.B.R.	0.2"	(632.67*100)/1500	=	42.18	%
56 GOLPES	}	C.B.R.	0.1"	(517.33*100)/1000	=	51.73	%
		C.B.R.	0.2"	(894*100)/1500	=	58.80	%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
TILME - HUANUCO
FACULTAD DE INGENIERIA
INSTITUTO DE MEDICAMENTOS DE CALIDAD Y
EVALUACION DE MEDICAMENTOS
Ing. Elizabeth Maza Ambrósio
CIP: 115544
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. Pacifico y Anchoyeta Tel.: (043) 483802 / San Luis Tel.: (043) 483826
 OFICINA DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espartero - Teléfono: 043 345889 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

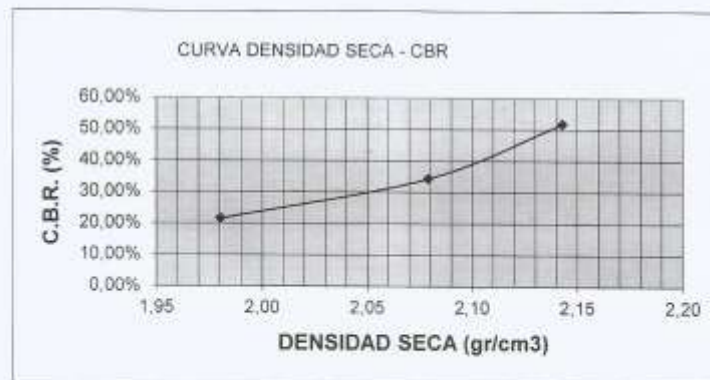


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

OBRA	"EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAJO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ"				
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY				
CALCATA	I				
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB-RASANTE CON ADICION DE CEMENTO	FECHA	27/04/2017

Densidad Seca (gr/cc)	2,14	2,08	1,98
-----------------------	------	------	------

N° DE GÓLPES	56	25	12	
C.B.R.	0,1"	51,73%	34,33%	21,47%



DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³)	2,12
HUMEDAD OPTIMA (%)	7,6

C. B. R. 100 (%)	51,73
C. B. R. 95 (%)	25,00

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
LABORATORIO DE SUELOS Y GEOTECNIA
CARRERA DE INGENIERIA CIVIL
CANTU-HUARAZ

Ing. Elizabet Maza Ambrosio
CIP: 116644
JEFE



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

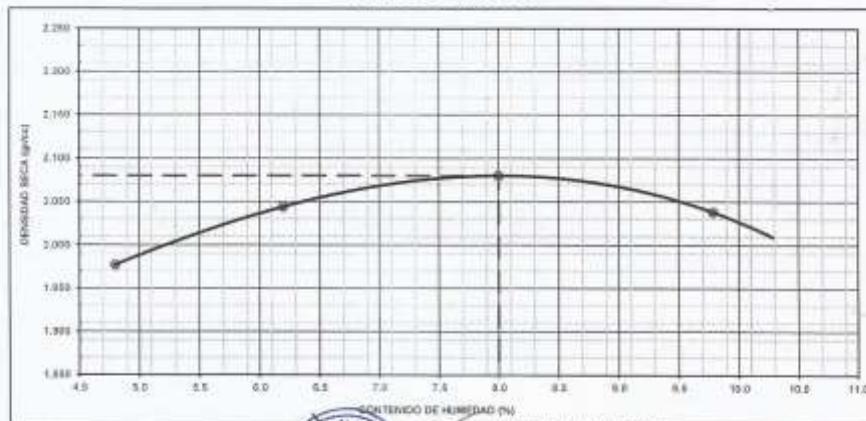
ENSAYO DE PROCTOR STANDARD

(AASHTO - T-180, ASTM D1557, MTC E115)

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - CONCRETOS Y PAVIMENTOS			
OBRA :	"EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ"		
SOLICITA :	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY		
MATERIAL :	SUB-RASANTE CON ADICION DE CENIZA 1%		HECHO POR : Lab. U.S.P.
			ING. RESP. : E.M.A
			FECHA : 27-abr-17

COMPACTACION (METODO B)				
VOLUMEN DEL MOLDE (cm3) :	937			
PESO DEL MOLDE (gr) :	4004			
NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
PESO SUELO + MOLDE	3840.0	6038.0	5199.0	6100.0
PESO SUELO HUMEDO COMPACTADO	1941	2034	2105	2090
PESO VOLUMETRICO HUMEDO	2.072	2.171	2.247	2.237
CONTENIDO DE HUMEDAD				
RECIPIENTE Nro.	11	20	13	19
PESO SUELO HUMEDO + TARA	857.00	834.00	800.50	823.50
PESO SUELOS SECO + TARA	825.00	795.00	753.50	764.70
PESO DE LA TARA	168.30	165.90	165.00	163.90
PESO DE AGUA	32.00	39.00	47.00	58.80
PESO DE SUELO SECO	666.70	629.50	587.70	600.80
CONTENIDO DE AGUA	4.80	6.20	8.00	9.79
PESO VOLUMETRICO SECO	1.977	2.044	2.080	2.038
DENSIDAD MAXIMA SECA:	2.080	gr/cc	HUMEDAD OPTIMA:	8.0 %

GRAFICO DEL PROCTOR



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
ESTRUCTURAS MATERIALES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 116044
JEFE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Tel.: 043 311078 / 342909 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Tel.: 043 323505 / 326150 / 328486 - Bolognesi Av. Fco. Bolognesi 421 Tel.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Cascarnas - Tel.: 043-312842 - San Luis Nuevo Chimbote Tel.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esg. Aguirre y Espinar - Tel.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ				
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY				
CALICATA					
MUESTRA		MATERIAL	SUB - RANANTE CON ADICION DE CENIZA 1%	FECHA	27/04/2017

RAZON SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

METODO DE COMPACTACION MOLDE N° NUMERO DE CAPAS NUMERO DE GOLPES POR CAPA SOBRECARGA CONDICIONES DE LA MUESTRA	MOLDES					
	M-3		M-2		M-1	
	5	5	5	5	5	5
	12	25	25	56		
	4530	4530	4530	4530		
	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR	ANTES DE SATURAR	DESPUES DE SATURAR
Peso molde+Muestra Húmeda (gr)	12420.00	12551.00	12480.00	12585.00	12610.00	12746.00
Peso del Molde (gr)	7981.00	7981.00	7975.00	7975.00	7975.00	7975.00
Peso Muestra Húmeda (gr)	4439.00	4570.00	4485.00	4610.00	4635.00	4771.00
Volumen del molde (cc)	2041.00	2041.00	2015.00	2015.00	2037.00	2037.00
Densidad húmeda (gr/cc)	2.17	2.24	2.23	2.29	2.28	2.34

Número de Tara	44	30	5	9	4	6
Peso húmedo + Tara (gr)	920.20	859.90	911.80	885.40	880.00	855.00
Peso Seco + Tara (gr)	868.50	806.30	859.80	812.20	829.50	804.00
Peso Agua (gr)	51.70	53.60	52.00	53.20	50.50	51.00
Peso Tara (gr)	169.90	168.20	166.50	167.60	169.70	164.10
Peso Muestra Seca (gr)	698.60	638.10	693.30	644.60	659.80	639.90
Contenido de Humedad %	7.40	8.40	7.50	8.25	7.65	7.97
Densidad Seca (gr/cc)	2.03	2.07	2.07	2.11	2.11	2.17

DATOS DE EXPANSION

MOLDE N°	SOBRE CARGA		LECTURA		HINCHAM		LECTURA		HINCHAM	
FECHA	HORA	TIEMPO (HORAS)	DIAL	mm. / %	DIAL	mm /%	DIAL	mm /%	DIAL	mm /%
NO EXPANSIVO										



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FILIAL - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
FUNDOS DE BARRILES
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 118044
JAPC

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Telf.: 043 341079 / 342809 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos 9 s/n. Urb. Los Pinos Telf.: 043 323505 / 320150 / 329486 - Belaginesi Av. Fca. Biaginesi 421 Telf.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 - Urb. Las Casuarinas - Telf.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Telf.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y España - Telf.: (043) 345899 - www.usanpedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro



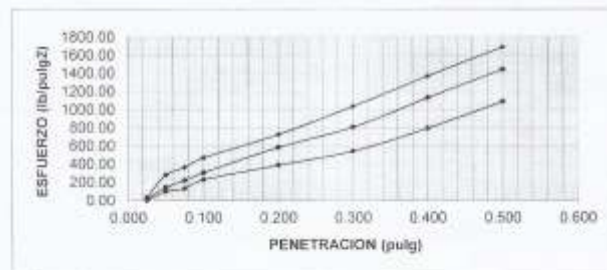
USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR EN LA ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ		
SOLICITA	MUJERO URBANO LISBETH YENNY		
CALICATA	I		
MUESTRA	I	MATERIAL	SUS-RASANTE CON ADICION CEMZA 1%
			FECHA 27/04/2017

ENSAYO DE CARGA - PENETRACION

PENET. pulg.	M O L D E N° 1 12 GOLPES			M O L D E N° 2 25 GOLPES			M O L D E N° 3 56 GOLPES		
	LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA Rs.	ESFUERZO (lb/pulg ²)	LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA Rs.	ESFUERZO (lb/pulg ²)	LECTURA DIAL	ENSAYO DE CARGA Rs.	ESFUERZO (lb/pulg ²)
0.025	12	5	2.67	23	56	19.33	35	113	37.67
0.050	76	299	99.67	105	430	143.33	195	839	279.67
0.075	98	399	133.00	156	662	220.67	250	1089	363.00
0.100	161	685	228.33	212	916	306.33	320	1406	468.67
0.200	266	1161	387.00	386	1751	583.67	490	2178	726.00
0.300	413	1626	542.67	588	2420	806.67	695	3108	1036.00
0.400	536	2387	795.67	815	3360	1130.00	918	4111	1370.33
0.500	729	3263	1067.67	1016	4330	1443.33	1128	5074	1691.33

12 GOLPES	C.B.R.	0.1"	(173.67*100)/1000	=	22.83	%
		0.2"	(336.67*100)/1500	=	25.80	%
25 GOLPES	C.B.R.	0.1"	(297.67*100)/1000	=	30.53	%
		0.2"	(650*100)/1500	=	38.91	%
56 GOLPES	C.B.R.	0.1"	(424.87*100)/1000	=	46.87	%
		0.2"	(721.33*100)/1500	=	48.40	%



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PIELMA - HUARAZ
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
MATERIALES DE CONCRETO
Elisabeto
Ing. Elisabeto Maza Ambrosio
CIP: 118044
UEPE

RECTORADO: Av. José Pardo 194 Chimbote / Perú - Tel.: 043 341078 / 342600 / 328034 Fax: 327896
CIUDAD UNIVERSITARIA: - Los Pinos B s/n. Urb. Los Pinos Tel.: 043 323505 / 326150 / 320486 - Bolognesi Av. Fca. Bolognesi 421 Tel.: 345042
- Nuevo Chimbote D1 -1 Urb. Las Casuarinas - Tel.: 043 312842 - San Luis Nuevo Chimbote Tel.: 043 319704
OFICINA CENTRAL DE ADMISION: Esq. Aguirre y Espinar - Tel.: (043) 345889 - www.usapedro.edu.pe - facebook/ Universidad San Pedro

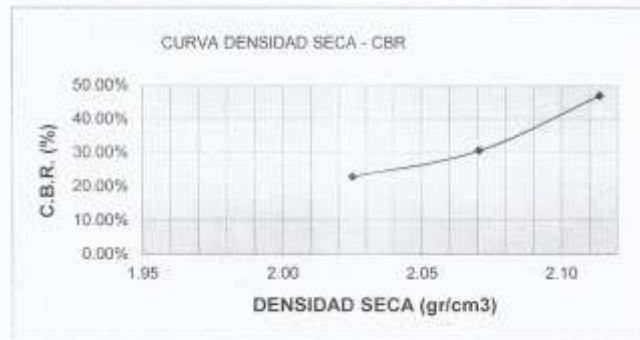


USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

OBRA	EFECTO DE LA ADICION DE UN 4% DE CEMENTO Y 1% DE CENIZA DE BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR EN LA ESTABILIZACION DE LOS SUELOS EN LA CARRETERA DE CANTU-HUARAZ				
SOLICITA	LUJERIO URBANO LISBETH YENNY				
CALCATA	I				
MUESTRA	I	MATERIAL	SUB - RASANTE CON ADICION CENIZA 1%	FECHA	27/04/2017

Densidad Seca (gr/cc)	2.11	2.07	2.03
-----------------------	------	------	------

N° DE GOLPES	56	25	12	
C.B.R.	0.1"	46.87%	30.53%	22.83%



DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm³)	2.08
HUMEDAD OPTIMA (%)	8.0

C. B. R. 100 (%)	46.87
C. B. R. 95 (%)	22.83



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
PEÑAL - PERU
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y
INGENIERIA AMBIENTAL
Ing. Elizabeth Maza Ambrosio
CIP: 115644
JEPB

ENSAYO DE PH



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: "Efecto de la Adición de un 4 % de Cemento y 1 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en la Estabilización de los Suelos en la Carretera de Cantú – Huaraz"

TESISTA : LUJERIO URBANO, Lisbeth Yenny

MUESTRA : Suelo – Calicata 1

LUGAR DE MUESTREO: Cantú -Huaraz

FECHA DE MUESTREO: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

FECHA DE TERMINO DEL ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

Muestra	pH
Suelo – Calicata 1	6.39

ENSAYOS:

1.-Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- La fecha de muestreo es proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES.

- El pH de la muestra es calificado como ligeramente ácida

Huaraz, 29 de Setiembre del 2017

[Signature]
M.Sc. Guillermo Cayllón Romero
JEFE DEL LABORATORIO DE SUELOS Y AGUAS



UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: "Efecto de la Adición de un 4 % de Cemento y 1 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en la Estabilización de los Suelos en la Carretera de Cantú – Huaraz"

TESISTA : LUJERIO URBANO, Lisbeth Yenny

MUESTRA : Cemento

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz

FECHA DE MUESTREO: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

FECHA DE TERMINO DEL ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

Muestra	pH
Cemento	12.54

ENSAYOS:

1.-Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- La fecha de muestreo es proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES.

- El pH de la muestra es calificado como extremadamente alcalino

Huaraz, 29 de Setiembre del 2017





UNIVERSIDAD NACIONAL
“Santiago Antúnez de Mayolo”
“Una Nueva Universidad para el Desarrollo”
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: “Efecto de la Adición de un 4 % de Cemento y 1 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en la Estabilización de los Suelos en la Carretera de Cantù – Huaraz”

TESISTA : LUJERIO URBANO, Lisbeth Yenny

MUESTRA : Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

LUGAR DE MUESTREO: San Jacinto - Chimbote

FECHA DE MUESTREO: 25 de Setiembre del 2017

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

FECHA DE TERMINO DEL ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

Muestra	pH
Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	10.85

ENSAYOS:

1.-Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- La fecha de muestreo es proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES.

- El pH de la muestra es calificado como extremadamente alcalino

Huaraz, 29 de Setiembre del 2017





UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: "Efecto de la Adición de un 4 % de Cemento y 1 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en la Estabilización de los Suelos en la Carretera de Cantú – Huaraz"

TESISTA : LUJERIO URBANO, Lisbeth Yenny

MUESTRA : Suelo Calicata 1 + 4 % de Cemento

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz

FECHA DE MUESTREO: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

FECHA DE TERMINO DEL ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

Muestra	pH
Suelo calicata 1 + 4 % Cemento	11.05

ENSAYOS:

1.-Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- La fecha de muestreo es proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES:

- El pH de la muestra es calificado como extremadamente alcalino

Huaraz, 29 de Setiembre del 2017





UNIVERSIDAD NACIONAL
"Santiago Antúnez de Mayolo"
"Una Nueva Universidad para el Desarrollo"
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CIUDAD UNIVERSITARIA – SHANCAYAN
Telefax. 043-426588 - 106
HUARAZ – REGIÓN ANCASH



RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE pH

TITULO DE TESIS: "Efecto de la Adición de un 4 % de Cemento y 1 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar en la Estabilización de los Suelos en la Carretera de Cantú – Huaraz"

TESISTA : LUJERIO URBANO, Lisbeth Yenny

MUESTRA : Suelo Calicata 1 + 1 % de Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar

LUGAR DE MUESTREO: Huaraz

FECHA DE MUESTREO: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE RECEPCIÓN: 27 de Setiembre del 2017

FECHA DE INICIO DE ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

FECHA DE TERMINO DEL ANALISIS: 29 de Setiembre del 2017

Muestra	pH
Suelo calicata 1 + 1 % Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar	7,51

ENSAYOS:

1.-Determinación de pH

OBSERVACIONES:

- La muestra es tomada por el cliente
- La fecha de muestreo es proporcionado por el cliente
- Lugar y condiciones ambientales del muestreo es indicado por el cliente

CONCLUSIONES:

- El pH de la muestra es calificado como ligeramente alcalina

Huaraz, 29 de Setiembre del 2017

