

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERIA

PROGRAMA DE ESTUDIOS DE INGENIERIA CIVIL



**“Mejoramiento de la Capacidad de Soporte (cbr) del afirmado
de la Cantera Tres Piedras - Huarmey adicionando Ceniza de
Hoja de Pino para fines de Pavimentación”**

Tesis para obtener el Título profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Tomás Llamo Sergeik Carlos

Asesor

Solar Jara, Miguel Angel

CHIMBOTE – PERU

2020

PALABRAS CLAVE:

Tema	Capacidad de soporte
Especialidad	Pavimentos

KEY WORDS:

Topic	Support capacity
Speciality	Pavements

LINEA DE INVESTIGACION:

PROGRAMA		Ingeniería Civil
Línea de Investigación		Construcción y gestión de la construcción
OCDE	Área	Ingeniería y tecnología
	Subarea	Ingeniería Civil
	Disciplina	Ingeniería de la Construcción

**“MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE
(CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA TRES PIEDRAS
– HUARMEY ADICIONANDO CENIZA DE HOJA DE PINO
PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN”**

RESUMEN

El presente proyecto de investigación tuvo por objetivo recolectar las hojas de pino Australiano para luego darle un secado al aire libre ,conjuntamente se realizó la respectiva incineración y a la vez se estudió el cálculo físico - químico de la Ceniza de hojas de pino Australiano como material puzolánico, luego se recolecto la cantera a trabajar para nuestro proyecto, es por ello que seleccionamos el afirmado que contenga bajo CBR en la cantera de Huarmey denominada “3 Piedras, por el cual adicionamos el 10% de Ceniza de Hoja de Pino tratando de aumentar la estabilidad del suelo , el bajo CBR y la capacidad de soporte del afirmado, para tal objetivo se trabajó con una orden de ensayos y métodos cuales fueron : Ensayo de ATD , Fluorescencia de Rayos X , Ensayo de Ph , Proctor Modificado, CBR, Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Abrasión, Contenido de Humedad, por el cual las muestras de ensayo fueron procesados, comparados y estudiados con la metodología estadística y en apego a las normas vigentes del MTC.

La metodología de nuestra investigación está orientada al nivel “Experimental”. Ya que se obtuvo una mejor dureza y capacidad de soporte de un suelo que sea aceptable para su uso según la Norma Técnica Peruana, y a la vez el costo sea más accesible para la población.

La muestra patrón tuvo una resistencia de 40.4% al 100% MDS y 21 % al 95% MDS; por tanto, este afirmado es utilizable para Sub- Base según AASHTO y Unificado en Carreteras; y para la muestra experimental de 10% obtuvimos una resistencia de 84.5% al 100% MDS y 42% al 95% de la MDS; por tanto, el material de afirmado es aceptable para ser utilizado como Base según AASHTO y Unificado en carreteras.

ABSTRACT

The present research project had the objective to collect the leaves of pine Australian to then give it a drying in the open air ,jointly performed the respective incineration and at the same time we studied the calculation of physical - chemical features of the ash of leaves of pine Australian as material Puzolanico, then collected the quarry to work for our project, so that is why we selected the stated that it contains under CBR, in the quarry of Huarmey called “3 Stones, for which add 10% Ash-Leaf Pine trying to increase the stability of the soil , the low CBR and bearing capacity stated, for such a purpose is worked with a order of tests and methods which were : Trial of ATD , X-Ray Fluorescence , Testing of Ph , Proctor, Modified, CBR, Sieve Analysis, Limits of Atterberg, Abrasion, Moisture Content, whereby the test samples were processed, compared and studied with the statistical methodology and in adherence to the current rules of the MTC.

The methodology of our research is oriented to the "Experimental" level. Since a better hardness and support capacity of a soil was obtained that is acceptable for use according to the Peruvian Technical Standard, and at the same time the cost is more accessible to the population.

The sample patron had a resistance of 40.4% 100% MDS, and 21 % to 95% MDS; therefore, this stated this is usable for Sub - Base secon AASHTO and Unified in Roads; and for the experimental sample of 10% we obtained a resistance of 84.5% to 100% MDS and 42% to 95% of the MDS; therefore, the material claimed is acceptable to be used as a Base secon AASHTO and Unified in roads.

INDICE

PALABRAS CLAVE	i
TITULO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
INDICE	v
I) INTRODUCCION	1
II) METODOLOGIA	40
III) RESULTADOS	52
IV) ANALISIS Y DISCUSION	72
V) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
VI) REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	77
VII) AGRADECIMIENTO	78
VIII) APENDICE Y ANEXOS	79

I. INTRODUCCION

ANTECEDENTES Y FUNDAMENTACION CIENTIFICA

Los antecedentes citados para el estudio de esta investigación son las siguientes:

Nivel Local

Reyes, J. (2018). Resistencia de concreto con materiales de la zona y sustitución de cemento en 3% por cenizas de hojas de pino. (Tesis de Pregrado). USP – Chimbote – Perú. En la presente investigación se obtuvo la pérdida de masa, calorimetría, composición química de la ceniza de pino y su debida sustitución en 3% del cemento, para evaluar su probable uso como un material puzolánico. El análisis químico de las cenizas de hoja de pino, se realizó con el método de rayos X de Fluorescencia, los principales óxidos para comparar con los lineamientos de la norma (ASTM C 618-00). Se obtuvo la resistencia a la compresión de probetas de concreto patrón $f'_c = 210 \text{ Kg/cm}^2$ y de concreto experimental (Sustitución en 3% del cemento) y se realizó las debidas comparaciones. Se realizó la prueba de alcalinidad de la ceniza de Pino, utilizando el Peachimetro, logrando obtener un $\text{pH} = 11.10$, es decir es una sustancia base – alcalina. Los resultados de la ceniza de Pino (*Pinus Radiata*) muestran un 15.902% en la suma de óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$). La ceniza de pino (PR) obtuvo una resistencia de 82.11 %, 99.16% y 112.77% a 7,14 y 28 días de edad. La ceniza de pino (PR) podría utilizarse como puzolana en el concreto utilizando en porcentaje de sustitución del 3%.

Nivel Nacional

Albújar, I., Segura, M. (2006). UCV – Trujillo; En su artículo, Evaluación de hoja de pino como posible fuente de material puzolánico. Se ha realizado en este artículo una calificación de la ceniza de hoja de pino con miras a su aplicación, como material puzolánico, en sustitución parcial del cemento portland a emplear en las obras, para la fabricación de morteros y concretos ,se calculan las características físico - químicas del material, así como algunas de sus propiedades primordiales, desde el punto de vista constructivo, entre las que predominan la resistencia a

compresión y la durabilidad, para el diseño de la mezcla se utilizó el método propuesto por Porrero, Ramos y Grases, obteniendo las proporciones en que deben combinarse el cemento, el agua y los agregados para un concreto de Resistencia Característica de 250 Kg/cm²; siendo esta investigación del tipo Aplicada con un diseño de investigación Experimental de nivel Cuasi-Experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones: Que el material en estudio posee potencialidades de ser empleado con estos fines; también de la investigación realizada se desliga que, en efecto, estamos en presencia de un material con la potencialidad de ser usado como sustituto parcial del cemento en las obras, al menos, en proporciones que no superen el 20%. Para estos valores vemos que se pueden lograr morteros de propiedades similares al cemento puro. La resistencia a compresión y la estabilidad química se conllevan muy bien, en tanto que se logran morteros más ligeros, lo cual comúnmente es deseable.

Rengifo, P., Esquivel, H. (2013). Universidad del Pacifico – Lima; en su artículo: El uso de la ceniza de pino australiano como una adición natural para elaborar cemento puzolánico. En este estudio se usó ceniza de hoja de pino como adición en la fabricación del cemento puzolánico, con el fin de acrecentar sus propiedades, y obtener un cemento resistente y económico. El objetivo de este estudio es desarrollar la aplicación de la ceniza de hoja de pino natural como un componente básico de las mezclas de hormigones y morteros. Demostrar mediante ensayos y pruebas las bondades de la ceniza de hoja de pino como una adición natural para producir cemento puzolánico en una proporción del 20% de la mezcla, este estudio se cumplió bajo la norma de la (ASTM C618-01), donde dice que la suma de los óxidos debe entre 60% y 70 %; siendo esta investigación del tipo Aplicada con un proyecto de investigación Experimental de nivel Cuasi-Experimental, la cual presento las siguientes conclusiones: El cual con el análisis químico se pudo comprobar que si se tiene una suma de 68.62 % lo que nos indica que es una puzolana de clase C. Es indubitable que para la rama de la construcción este material sería un provechoso recurso. Es un nuevo recurso que no ha sido explotado aún.

Nivel Internacional

Hernández, I., Asencio, R., Malásquez, P. (2009). Centro interdisciplinario de investigación para el desarrollo integral regional I.P.N – México. En su trabajo “ceniza de coco y hojas de pino para su uso como puzolana” El presente trabajo tiene como objetivo obtener la densidad, composición química y el Índice de Actividad Resistente (IAR) de la ceniza de fondo de concha de coco (CCC) y hoja de pino (CHP), para evaluar su posible uso como puzolana. El análisis químico de las cenizas se desarrolló con el método gravimétrico, digestión total, plasma de acoplamiento inductivo óptico y volumétrico, identificándose los principales óxidos para comparar con los lineamientos de la norma (ASTM C 618-00). Se consiguió la resistencia a la compresión de cubos de mortero para calcular los IARs. Los resultados de la ceniza de coco muestran un 20.10% en la suma de óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}$) y un 60.96% para la ceniza de pino. La ceniza de coco obtuvo un IAR de 49.7% y 44.2% mientras que la ceniza de pino un IAR de 94.5% y 90.2% a 7 y 28 días de edad respectivamente; siendo esta investigación del tipo Aplicada con un diseño de investigación Experimental de nivel Cuasi-Experimental, la cual llegó a las siguientes conclusiones: que la ceniza de pino podría utilizarse como puzolana en el concreto hidráulico.

Enríquez, A., Milla, J. (2013). Instituto de ciencia y tecnología del hormigón, Universidad Politécnica de Valencia – España, en su investigación: Análisis morteros de cemento portland con ceniza de rastrojo de maíz y hojas de pino australiano como posible uso en construcciones rurales. En este trabajo se ha elaborado la caracterización química y el estudio de la reactividad de la ceniza trabajado mediante la combustión de la planta de maíz y incineración de las hojas de pino. Es conocido a través de distintas investigaciones que el contenido de sílice de las cenizas procedentes de la combustión de residuos agrícolas puede conferirle propiedades puzolánicas. Esta investigación preliminar abre las puertas al uso de la ceniza en ámbitos rurales para la elaboración de materiales variables para la autoconstrucción de viviendas. El maíz es un producto que tiene fuertes arraigos culturales en muchos países y establece la base de la dieta alimenticia de millones de seres humanos el pino un madero muy bueno para leña para carpintería, El rastrojo de maíz es el residuo producido luego de la recolección del cereal, el

volumen producido no es despreciable y sometido a la combustión ,genera una ceniza que podría reemplazar parcialmente al cemento portland en morteros y hormigones las hojas de pino o foliolos no son usados y son quemados pero sometido a combustión podría reemplazar al cemento parcialmente solventando de esta manera la gestión del residuo y disminuyendo el consumo de cemento portland, un material muy costoso en los países en vías de desarrollo, y cuya producción genera considerables cantidades de gases de efecto invernadero; siendo esta investigación del tipo Aplicada con un diseño de investigación Experimental de nivel Cuasi-Experimental, la cual llevo a las siguientes conclusiones : Los resultados experimentales del presente trabajo confirman el carácter puzolánico de la ceniza de rastrojo de maíz así como la hoja o foliolo de pino, alcanzando resistencias a compresión similares a las de los morteros.

FUNDAMENTACION CIENTIFICA

TECNOLOGIA DE MATERIALES

Crespo, C. (2004).

Define que:

La Tecnología de materiales es la disciplina técnica que trata sobre los procesos industriales que nos permiten obtener piezas útiles para conformar máquinas y dispositivos a partir de las materias primas específicas.

La Tecnología de materiales es la formación y puesta en práctica de técnicas de observación, estudios físicos y desarrollo de materiales. (p. 20).

PROPIEDAD DE LOS MATERIALES

Crespo, C. (2004).

Estas propiedades se ponen de declarado ante estímulos como la electricidad, la luz, el calor o la aplicación de fuerzas a un material.

Describen características como elasticidad, conductividad eléctrica o térmica, magnetismo o comportamiento óptico, que por lo general no varían por otras fuerzas que actúan sobre el mismo. (p.19).

Propiedades mecánicas

Mecánica de Suelos

- **Definición**

Crespo, C. (2004).

La Mecánica de Suelos es la ciencia que se ocupa de la aplicación de las leyes de la mecánica y la hidráulica a los problemas geotécnicos del terreno, estudia las propiedades, la conducta y la utilización del suelo como material estructural, de tal manera que las deformaciones y resistencia de este ofrezcan seguridad, durabilidad y estabilidad a las estructuras.

Estudia, además, la firmeza del suelo, su deformación y el flujo de agua hacia su interior y hacia el exterior a través de su masa, tomando en cuenta que resulte económicamente factible usarlo como material de construcción. (p. 17).

- **Aspectos**

- Transporte y deposición de los suelos.
- Mineralogía del suelo.
- Relación masa-suelo.
- Tensión efectiva y capilaridad.
- Presión total.
- Presión de poros de agua.
- Condiciones hidrostáticas.
- Clasificación de los suelos.
- Métodos de prospección de suelos. (p, 17).

Suelos

- Definición

Crespo, C. (2004).

Define que:

“Suelo es una capa delgada sobre la corteza terrestre de material que deriva de la desintegración y/o alteración física y/o química de las rocas y de los residuos de las actividades de los seres orgánicos que sobre ella se asientan” (p. 18).

Propiedades

Según **Montejo, A. (2002)**. Indica que las propiedades de los suelos a considerar en cuenta por los ingenieros son las siguientes:

Estabilidad Volumétrica, La expansión y contracción de muchos suelos, producidos por los cambios de humedad, se pueden presentar en forma breve o acompañado de las variaciones estacionales o con la labor del ingeniero. Por lo tanto, si las expansiones que se desarrollan debido a un incremento no se controlan de forma alguna estas presiones pueden ocasionar graves deformaciones y rupturas en el pavimento. Es por ello que resulta necesario detectar los suelos expansivos, su composición y el tratamiento más adecuado.

Actualmente, las soluciones para evitar los cambios volumétricos en suelos expansivos constan en introducir humedad al suelo de forma reiterada, aplicar cargas que equilibren la presión de la expansión, usar membranas impermeables. (p. 76).

A continuación, se presenta un esquema gráfico respecto a tipos de suelos más comunes:

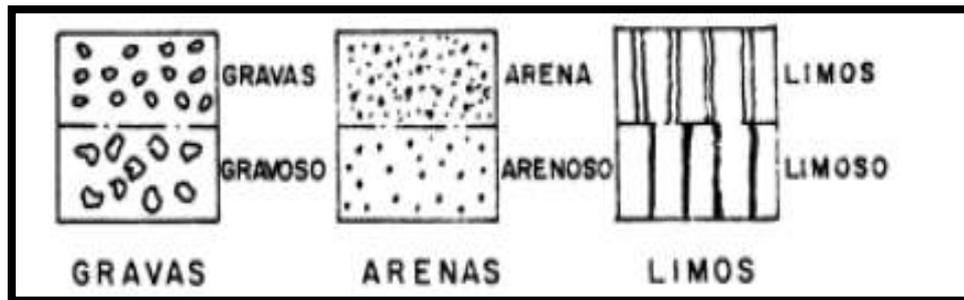


Figura 1. Suelos Cohesivos. (Crespo, C; 2004, p27).

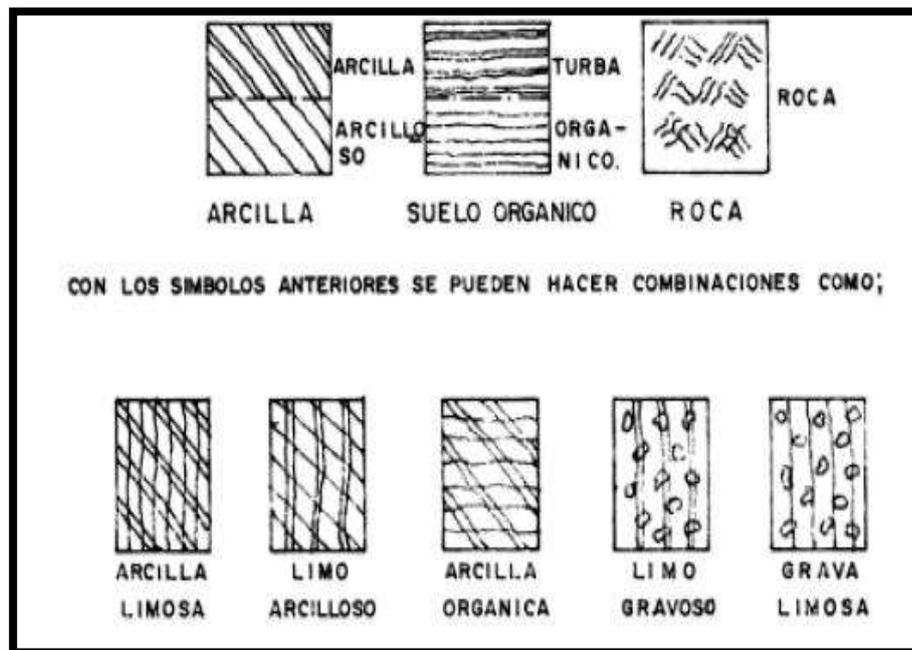


Figura 2. Suelos No Cohesivos. (Crespo, C; 2004, p27).

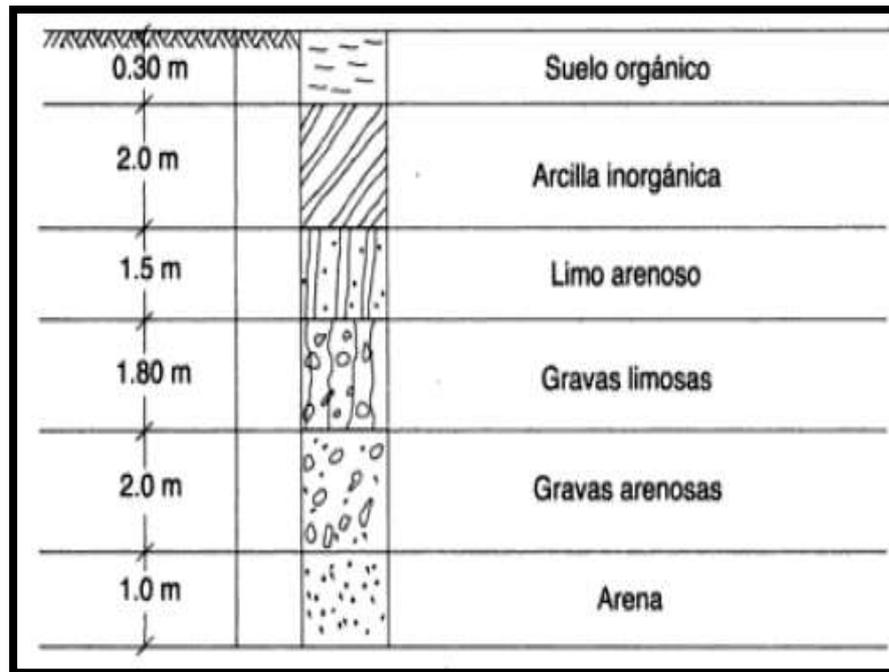


Figura 3. Estratigrafía de un Sondeo de Suelo. (Crespo, C; 2004, p27).

Resistencia

Montejo, A. (2002).

Con algunas excepciones, la resistencia del suelo es generalmente menor, cuando su contenido de humedad es mayor.

Existen casos en que la disminución de la humedad puede simbolizar reducción a la resistencia, ya que se han presentado casos de deslizamientos de tierras provocados por arcillas que se secaron y se agrietaron, provocando con ello que el comportamiento del material sea el de un suelo friccionante que puede poseer menor resistencia que si se considera como adherente a humedades mayores. La labor abrasiva del tránsito, por ejemplo, puede formar que un material adherente se pulverice y pierda su cohesión.

Por otro lado, dependiendo de la humedad y energía de compactación, se pueden obtener diferentes características de resistencia de un suelo arenoso, ya que un suelo de estos compactados del lado áspero en la curva de compactación presenta, con la humedad de compactación una conducta flexible y una resistencia comparativamente alta. (p. 77).

Permeabilidad, En materiales arcillosos, el uso de floculantes (hidróxido de calcio o cal de yeso) puede aumentar la permeabilidad. En el suelo, la permeabilidad generalmente aparece como dos problemas básicos, como los relacionados con la disipación de la presión de poro y los relacionados con el flujo de agua a través del suelo. La presión excesiva de los poros puede hacer que los deslizamientos de tierra se deslicen, y el flujo de agua puede causar tubificaciones y fluencia. **Montejo A. (2002),** (p. 79).

Compresibilidad, Los cambios de volumen o compresibilidad, tiene una principal influencia en las propiedades de los suelos, ya que se modifican la permeabilidad, se alteran las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, lo que tiene una clase decisiva en la transformación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante y se provocan desplazamientos.

Obviamente, remodelar el suelo cambiará su compresibilidad, por lo que esta característica se puede arreglar mediante procedimientos de compactación. Se ha encontrado que la compactación de la humedad es muy importante en la compactación de la compresibilidad de los suelos. **Montejo, A. (2002),** (p. 80).

Durabilidad, El concepto involucra factores relacionados con la resistencia a la aspereza del tráfico, la erosión o el desgaste. De esta manera, la durabilidad de las carreteras terrestres generalmente está relacionada con el suelo relativamente cerca de la superficie de apoyo. Estrictamente hablando, estos problemas afectan los suelos naturales y estables, aunque en el último caso, el peor comportamiento suele ser el resultado de un diseño inadecuado, como una selección inadecuada del estabilizador o errores de uso graves, como al ignorar la conocida sensibilidad a la arcilla. Éste podría ser el caso.

Por lo tanto, la durabilidad es uno de los aspectos más difíciles de cuantificar y la relación común ha sido la de sobre proyectar, lo cual a veces no puede ser lo más apropiado. (p. 80).

Estabilización de Suelos

- Definición

Según. **Montejo, A. (2002)**. Indica que:

“La estabilización del suelo es la modificación de las propiedades del material para permitirle cumplir mejor con los requisitos requeridos, o al menos para garantizar que la calidad obtenida sea suficiente” (p. 75).

Valle, A. (2010). Define:

“La estabilización del suelo es la manipulación intencionada para mejorar sus propiedades tanto físicas, químicas, mecánicas para tener una mejor utilización del suelo” (p.13).

- Tipos

Según. **Montejo, A. (2002)**. Indica que:

Las propiedades de un suelo se pueden alterar por cualquiera de los siguientes métodos:

- **Estabilización Mecánica**, Entre ellos, la compactación es mejor conocida, pero las mezclas de suelo también se usan con frecuencia. (p. 75).
- **Estabilización Química**, Generalmente se logra mediante la adición de agentes estabilizadores específicos, como cemento, cal, asfalto u otros. (p. 76).
- **Estabilización de Suelos con Cal**

▪ Definición

Según. **Montejo, A. (2002)**. Indica que:

El propósito de estabilizar el suelo es cambiar sus propiedades físicas, aumentar su resistencia y durabilidad, para obtener un material básico satisfactorio. En el mundo actual, los materiales más utilizados para estos fines en la construcción de carreteras son: cemento, cal, asfalto y arena.

Es más, práctico utilizar la cal cuando el índice de plasticidad del suelo es mayor de 15 y el porcentaje del tamiz No. 200 es mayor de 25. Sin embargo, la

cal no es efectiva en suelos altamente orgánicos o en pequeñas cantidades de arcilla que pueden reaccionar con la cal. Si el índice de plasticidad del material a estabilizar es inferior a 15, y la prueba de resistencia de laboratorio muestra que el valor de resistencia al corte no cumple con las especificaciones de diseño, entonces se puede usar una mezcla de cal y cemento en este caso. Para reducir la plasticidad del suelo, primero se debe agregar cal, y se debe agregar cemento al final de la mezcla. El proceso de mezcla y compactación con estos dos materiales debe completarse en un tiempo limitado de dos horas. (p. 99).

Afirmado

Definición

Según. **MTC. (2013)**. Define:

El afirmado es una capa natural o procesada de material granular con un nivel específico que admite directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. Debe tener una cantidad adecuada de material fino para mantener las partículas juntas. Se puede utilizar como pavimento de conducción en carreteras y carreteras sin pavimentar. (p.23).

Propiedades

Según. **Montejo, A. (2002)**. Indica que:

“Para estimar el comportamiento del suelo bajo diversas condiciones, se deben realizar investigaciones de campo y laboratorio para determinar las propiedades físicas del suelo” (p. 60).

Análisis Granulométrico (ASTM D 422): Esta es una prueba para determinar cuantitativamente la distribución de partículas de suelo de diferentes tamaños.

Existen varios procedimientos para determinar la composición del tamaño de partícula del suelo. Por ejemplo, para clasificar las partículas gruesas por tamaño, el método más rápido es el tamizado. Sin embargo, a medida que aumenta la finura de las partículas, el tamizado se vuelve cada vez más difícil, por lo que debe recurrirse al proceso de asentamiento. **Montejo, A. (2002)**. (p. 63).

Determinación del límite plástico del suelo: El límite de plasticidad se define como el contenido mínimo de humedad en el que el suelo se convierte en plástico. En este estado, generalmente se puede deformar o moldear rápidamente sin recuperación elástica, cambio de volumen, grietas o astillas. **Montejo, A. (2002).** (p, 63).

Determinación del límite líquido del suelo: El límite líquido es el contenido de humedad más alto que puede tener un suelo sin pasar del estado plástico al líquido. El estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que se ve obligada a fluir.

El cálculo del índice de plasticidad es la diferencia numérica entre el límite líquido y el límite plástico, e indica el grado en que el suelo retiene el contenido de humedad del estado plástico antes de convertirse en líquido. **(Montejo, A., 2002, p. 63).**

Ensayos de Compactación del suelo: La compactación debe entenderse como cualquier proceso que aumenta el peso volumétrico del suelo. En general, es conveniente compactar el suelo para aumentar su resistencia al esfuerzo cortante, reducir su compresibilidad y hacerlo más resistente al agua.

Para controlar la compactación durante la construcción, es necesario realizar pruebas para comprender la densidad máxima y el contenido óptimo de humedad de los diferentes suelos.

- **Máxima densidad:** Es el peso seco máximo obtenido al mezclar el material con diferentes porcentajes de agua y presionarlo de una manera convencional predeterminada.
- **Contenido óptimo de humedad:** Es el porcentaje de agua que puede alcanzar la densidad máxima bajo la compactación especificada. **(Montejo, A., 2002, p. 64).**

Determinación de la densidad del suelo en el terreno: El propósito de esta prueba es determinar el peso seco de una cierta cantidad de suelo de densidad conocida y el volumen de agujeros excavados para recoger el suelo, que se mide con arena y procedimientos estándar. La relación entre el peso seco del material y el volumen de los poros de los que se extrae el material es la densidad seca de

la capa con compactación verificada. (Montejo, A., 2002, p. 64).

Determinación de la resistencia del suelo: Los ensayos de resistencia más difundidos en nuestro intermedio son el CBR (de laboratorio y campo) y los ensayos de peso sobre una placa.

El índice (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, en condiciones de densidad y humedad cuidadosamente controladas. Diseñado para suelos flexibles. CBR se expresa como un porcentaje, es decir, la relación de la unidad de carga requerida para introducir el mismo pistón a la misma profundidad en la muestra de tipo de grava. (Montejo, A., 2002, p. 64).

Pavimentos

- Definición

El concepto de pavimento según. **Montejo, A. (2002)**. Indica que:

El pavimento está constituido por un conjunto de capas superpuestas, relativamente horizontales, que están técnicamente diseñadas y construidas utilizando materiales apropiados y totalmente compactados. Estas estructuras en capas se apoyan en la subrasante de la carretera obtenida por el movimiento de tierras durante el proceso de exploración, y deben resistir por completo los esfuerzos para pasarla a la carga de tráfico que se genera repetidamente durante el diseño de la estructura del pavimento. (p. 1).

Según. **MTC. (2013)**. Define:

El Pavimento como una estructura de varias capas sobre la subrasante del camino para resistir y dispersar esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Generalmente consta de las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura. (p.23).

- Clasificación

Según. **Montejo, A. (2002)**. Clasifica los pavimentos en: pavimentos flexibles, pavimentos semi-rígidos, pavimentos rígidos y pavimentos articulados.

Pavimentos Flexibles, este tipo de pavimentos consta de carpetas de

asfalto y generalmente se apoya en dos capas no rígidas (capa base y capa de subbase). Sin embargo, dependiendo de las necesidades específicas de cada trabajo, no es necesario usar ninguna de estas capas. (p.2).

Pavimentos Semi-Rígidos, aunque este tipo de pavimentos guarda básicamente la misma estructura de un pavimento flexible, una de las capas está endurecida artificialmente con aditivos, que pueden ser: asfalto, emulsión, cemento, cal y productos químicos. El propósito básico del uso de estos aditivos es corregir o modificar las propiedades mecánicas de los materiales locales que no son adecuados para el pavimento. (p. 5).

Pavimentos Rígidos, básicamente se componen de losas hidráulicas de hormigón, apoyadas en el lecho del camino o capas de material seleccionadas (llamado lecho rígido del pavimento). Debido a la alta rigidez del concreto hidráulico, así como su elevado coeficiente de elasticidad, la distribución de esfuerzos se produce en una zona muy amplia. Además como el concreto es capaz de resistir, en cierto grado, esfuerzos a la tensión, el comportamiento de un pavimento rígido es suficientemente satisfactorio aun cuando existen zonas débiles en la subrasante. La capacidad estructural de un pavimento rígido depende de la resistencia de la losa, por lo que el soporte de la capa inferior tiene poca influencia en el diseño del espesor del pavimento. (p.5).

Pavimentos Articulados, consisten en capas rodantes hechas de bloques de hormigón prefabricados (llamados pavimentadoras) de espesor uniforme e iguales entre sí. Puede estar sobre una fina capa de arena, que se encuentra sobre una base granular o directamente sobre el lecho de la carretera, según su calidad y la magnitud y frecuencia de las cargas que circulan por la acera. (p.7).

Clasifica los pavimentos de la siguiente manera:

Pavimentos Flexibles, son estructuras compuestas de capas granulares (capa base, capa subbase), y las capas rodantes son carpetas hechas de materiales de asfalto (como aglutinantes, agregados y aditivos, si corresponde). Se considera principalmente como una capa de rodadura de asfalto en la capa de partículas: mortero de asfalto, mezcla de asfalto frío y mezcla de asfalto caliente. (p.24).

Pavimentos Semirrígidos, son estructuras compuestas de capas granulares (capa base, capa subbase), y las capas rodantes son carpetas hechas de

materiales de asfalto (como aglutinantes, agregados y aditivos, si corresponde). Se considera principalmente como una capa de rodadura de asfalto en la capa de partículas: mortero de asfalto, mezcla de asfalto frío y mezcla de asfalto caliente. (p. 24).

Pavimentos Rígidos, es una estructura de pavimento que se compone específicamente de una capa de subbase granular, no obstante, esta capa puede ser de base granular, o puede ser estabilizada con cemento, asfalto o cal, y una capa de rodadura de losa de concreto de cemento hidráulico como aglomerante, agregados y de ser el caso. (p. 24).

Procedimiento Metodológico del proceso de los ensayos a aplicarse.

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

Según. **MTC. (2013)**. Define:

Granulometría: representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC EM 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:

Tabla 1

Clasificación de suelos según Tamaño de Partículas

Tipo de Material		Tamaño de las partículas
	Grava	75 mm – 4.75 mm
	Arena	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00mm – 0.425mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a0.005 mm

Fuente: MTC EM 107

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño. (p.36).

Según. **MTC. (2013)**. Define:

La Plasticidad: es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto, la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuan sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC EM 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC EM 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC EM 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC EM 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$\mathbf{IP = LL - LP}$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:

Tabla 2

Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: MTC EM 111

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de subrasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua. (p.37).

Según. **MTC. (2013)**. Define:

Equivalente de Arena: Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC EM 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar. (p.37).

Según. **MTC. (2013)**. Define:

Índice de Grupo: es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd).$$

Donde:

a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N.º 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N.º 200 -74 micras).

Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.

c = LL – 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.

d = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice \geq a 20, un suelo no utilizable para caminos. (p.38).

Según. **MTC. (2013)**. Define:

Humedad Natural: Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de subrasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC EM 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC EM 132). Sí la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Sí la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado. (p.39).

Según. **MTC. (2013)**. Define:

Clasificación de los suelos: Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en la tabla 3. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico. (p.39).

A continuación, se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

Tabla 3

Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A_2	GM, GC, SM, SC
A_3	SP
A_4	CL, ML
A_5	ML, MH, CH
A_6	CL, CH
A_7	MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

Según MTC. (2013). Define:

Ensayos CBR: (ensayo MTC EM 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir

del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la subrasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.

2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la subrasante en función a los siguientes criterios:

- Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
- Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de subrasante, según la Tabla 4.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de subrasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:(p.40).

Tabla 4

Tabla de Clasificación y uso del suelo según el valor de CBR

CBR	Clasificación Cualitativa del Suelo	Uso
2-5	Muy mala	Sub-rasante
5-8	Mala	Sub-rasante
8-20	Regular - Buena	Sub-rasante
20-30	Excelente	sub-rasante
30-60	Buena	Sub-base
60-80	Buena	Base
80-100	Excelente	Base

Fuente: Clasificación de suelos SUCS Y AASHTO. (ASSIS, A. ,1988, p.65).

Diseño Estructural de Pavimentos Urbanos

Método de Diseño

Según. **Sencico. (2010)**. Indica que:

Se podrá manejar cualquier técnica de diseño estructural sostenido en teorías y experiencias a extenso plazo, tales como las metodologías del Instituto del Asfalto, de la AASHTO-93 y de la PCA, usualmente empleadas en el Perú, siempre que se utilice la última versión actual en su país de inicio y que, al criterio del PR, sea aplicable a la situación nacional.

Alternativamente, se pueden utilizar los métodos sugeridos en los Apéndices B, D y F de esta norma. (p.30).

Diseño Estructural

Según. **Sencico. (2010)**. Indica que:

En cualquier materia, se efectuará el diseño estructural considerando los siguientes factores:

- a) La calidad y la capacidad de soporte del suelo de cimentación y subrasante.
- b) Características del tráfico y flujo durante el diseño.
- c) Duración útil del pavimento.
- d) Condiciones climáticas y de drenaje.
- e) Características geométricas de la vía. (p.30).

Especificaciones Técnicas Constructivas

Según. **Sencico. (2010)**. Indica que:

El PR debe estar preparado para considerar las especificaciones técnicas de las condiciones específicas de su proyecto. Los anexos C, E y G contienen pautas generales para las especificaciones de construcción de pavimento de asfalto, cemento Portland y adoquines, respectivamente. (p.30).

TABLA 5
Requisitos mínimos para los diferentes tipos de Pavimentos

Elemento	Tipo de Pavimento			
	Flexible	Rígido	Adoquines	
Sub-rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar			
	Espesor compactado: ≥ 250 mm – Vías locales y colectoras ≥ 300 mm – Vías arteriales y expresas			
Sub - base	CBR ≥ 40 % 100% Compactación Proctor Modificado	CBR ≥ 30 % 100% compactación Proctor Modificado		
Base	CBR ≥ 80 % 100% Compactación Proctor Modificado	N.A.*	CBR ≥ 80% 100% compactación Proctor Modificado	
Imprimación/capa de apoyo	Penetración de la Imprimación ≥ 5 mm	N.A.*	Cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm.	
Espesor de la capa de rodadura	Vías locales	≥50mm	≥150	≥60mm
	Vías colectoras	≥60mm		≥80mm
	Vías arteriales	≥70mm		NR**
	Vías expresas	≥80mm	≥200	NR**
Material	Vías locales		MR ≥	f'c ≥38 MPa
	Vías colectoras	Concreto asfáltico	3,4	(380 kg/cm ²)
	Vías arteriales		MPa	
	Vías expresas		(34	
	kg/cm ²)			

Fuente: NTE CE. 010 Pavimentos Urbanos (Sencico., 2010, p.30).

Pavimentos Especiales

Según. **Sencico. (2010)**. Indica que:

Los siguientes son considerados caminos especiales:

- a) Aceras o Veredas.
- b) Pasajes Peatonales.
- c) Ciclo vías.

Estos pavimentos deberán cumplir los siguientes requisitos: (p, 32).

TABLA 6
Requisitos que deben cumplir los pavimentos especiales

Elemento	Tipo de pavimento		
	Aceras o veredas	Pasajes peatonales	Ciclovías
Sub-rasante	95 % de compactación: Suelos Granulares - Proctor Modificado Suelos Cohesivos - Proctor Estándar Espesor compactado: ≥ 150 mm		
Base	CBR ≥ 30 %		CBR ≥ 60 %
Espesor de la capa de rodadura	Asfáltico	≥ 30 mm	
	Concreto de cemento portland	≥ 100 mm	
	Adoquines	≥ 40 mm (Se deberán apoyar sobre una cama de arena fina, de espesor comprendido entre 25 y 40 mm)	
Material	Asfáltico	Concreto asfáltico*	
	Concreto de cemento Portland	$f'c \geq 17,5$ MPa (175 kg/cm ²)	
	Adoquines	$f'c \geq 32$ MPa (320 kg/cm ²)	N.R. **

Fuente: NTE CE. 010 Pavimentos Urbanos (Sencico., 2010, p.32).

Procedimiento del proceso de Experimentación a aplicarse.

Análisis Térmico Diferencial

Según. **Miranda, E. (2008)**. Indica que:

El (ATD) se somete a una variación de temperatura tanto al espécimen como a un material de referencia, que es inactivo a partir del punto de vista térmico, físico y químico. El (ATD) mide la diferencia de temperatura entre la muestra y el material de referencia,

en función del tiempo (temperatura constante) o de la temperatura alcanzada en cada momento. Estas medidas se pueden realizar en condiciones ambientales o bajo una atmósfera controlada. En principio, se trata de una técnica cualitativa que permite detectar si se dan procesos endotérmicos o exotérmicos en nuestra muestra, e indica la temperatura a la cual tienen lugar estos cambios energéticos. Con un apropiado calibrado del equipamiento es posible cambiar el ATD en una técnica semicuantitativa para lograr conseguir información referente a la cuantía de calor involucrado en los procesos. (p.56).

Ensayo de fluorescencia

Según. Torres, A. (2013). Indica que:

La tecnología de rayos X (XRF) se utiliza para determinar concentración de elementos químicos en varios tipos de muestras. El análisis de la composición de la muestra mediante la medición de un espectro de XRF se lleva a cabo en diversas áreas de investigación como biología, medicina, control ambiental, geología, arte por nombrar algunas. Es un método analítico de alta precisión, con la ventaja de ser no destructivo en la mayoría de las aplicaciones y de poder preparar la muestra de manera simple. La ceniza en polvo (0,5000 g) se funde con 6,0000 g tetraborato de litio (Spectromelt A1000), para destruir su composición de partículas y mineralógica, a 1200°C durante 11 minutos en una máquina de fusión (PERL X3 - Philips).

La masa fundida resultante se fundió con perlas de vidrio y luego se introdujo en un espectrómetro FRX (SRS 3000 Bruker). En las perlas, mida la intensidad de fluorescencia de rayos X del elemento deseado y analiza la composición química de las cenizas de acuerdo con una figura predeterminada o ecuación de calibración, y corrigiendo la influencia entre los elementos. Las ecuaciones de calibración y las correcciones entre elementos se establecen mediante perlas elaboradas con materiales de referencia certificados. (p.35)

Ensayo de PH

Según. **Albújar, R. (2010)**. Define:

PH significa potencial de hidrógeno. PH es un rango de medición simplificado, que indica la acidez o alcalinidad de la solución. La acidez y la alcalinidad son los dos extremos que describen las propiedades químicas. La mezcla de ácidos y álcalis puede eliminar o compensar sus efectos extremos. Las sustancias que no son ácidas ni básicas (o alcalinas) son neutrales. Normalmente la escala del pH va desde 0 hasta 14. Un pH de 7 es neutral. Un pH menor de 7 es ácido puede quemarnos. Un pH mayor que 7 es básico o alcalino, puede disolver la carne. El valor del pH es logarítmico, lo que significa que el pH 6 es 10 veces más ácido que el pH 7. Un valor de pH de 5 será 100 veces más ácido. El pH neutro del agua purificada es 7. Después de mezclarlo con otros químicos, se volverá ácido o alcalino. Algunos ejemplos de sustancias ácidas son: el vinagre y el extracto de limón. La lejía, leche de magnesia y amoníaco son bases o sustancias alcalinas. (p.35).

Pino australiano o casuarina (*casuarina equisetifolia*)

Según. Hernández, Alavez & Montes. (2009). Define que:

Casuarina equisetifolia, conocido comúnmente como casuarina y pino australiano, es un árbol siempre verde de tamaño mediano y crecimiento rápido, que alcanza una altura de hasta 45 m. El árbol se caracteriza por su corteza rugosa, arrugada, de color marrón grisáceo claro y sus escasas coronas de brotes fotosintéticos de color verde oscuro que se inclinan hacia abajo. Las plantas de *Casuarina* son nativas de las zonas costeras tropicales de Australia y el sudeste asiático, y se han introducido y naturalizado en todo el Mar Caribe y en otras partes de las regiones tropicales y subtropicales. Esa una especie útil en la reforestación de las áreas costeras y tierras degradadas, y se valúa como una fuente de combustible, postes y tanino. Se reconoce que hay dos subespecies: *Liana* y *Equisetifolia*. El primero son árboles pequeños que solo se producen en Australia; el segundo es más grande y está más ampliamente distribuido. (p, 28).

Origen

(Casuarina equisetifolia) es originaria de Australia y se distribuye ampliamente desde el trópico de Capricornio de Australia hasta el Trópico de Cáncer de Bangladesh.

Es originaria de áreas con una precipitación anual de 2500 mm o más, pero es adecuada para climas áridos por debajo de 1000 mm. La temperatura promedio en el rango de temperatura natural es entre 20 y 26 ° C. Es importante que aclarar que esta planta no es un pino como muchas veces hemos pensado, hay muchas características que definitivamente no la ubican dentro del género Pinus, la más importante es que los pinos son gimnospermas (plantas que producen semillas en estróbilos o conos) y la C. equisetifolia es una angiosperma, es decir una planta que produce flores y frutos. (Hernández et al., 2009, p. 28).

Hábitat

Área de Distribución Natural y de Naturalización

Las casuarinas son nativas de las Islas Andamán en India, desde el sur de Bangladesh, Myanmar (anteriormente Birmania), Tailandia y Malasia y otras áreas costeras hasta Australia, Melanesia, Micronesia, Filipinas y Polinesia. Regiones subtropicales de la Polinesia 22 ° N y 32 ° S. Se ha introducido y naturalizado en el sur de la India, Hawái, el sur de Florida, el Caribe, las zonas costeras de México y América Central y América del Sur. Casuarina fue presentada a Cuba en el Caribe a principios del siglo XIX. Se han establecido extensas plantaciones en China, Tailandia, India, Kenia, Portugal y Córcega, así como en Medio Oriente, África del Norte, África Occidental y Sudáfrica. Desde 1924, en Puerto Rico, miles de Casuarinas se han plantado en terrenos públicos, a lo largo de la costa y en carreteras, y en terrenos privados. (Hernández et al., 2009, p. 29).

Clima

La casuarina crece mejor en las zonas climáticas tropicales y subtropicales húmedas. Dentro de su área de distribución natural la precipitación anual varía entre 700 y 500 mm y existe a menudo una temporada seca de 6 a 8 meses. En Australia, la casuarina ocurre principalmente en la zona húmeda caliente, con cierta penetración en las zonas climáticas

sub-húmeda caliente y cálida. No hay heladas en toda la zona costera, aunque en su rango más meridional, puede haber 1-3 heladas a pocos kilómetros del mar cada año. La precipitación anual de la mayoría de Casuarina en Australia varía de 1,000 a 1,500 milímetros, y la distribución estacional varía desde un fuerte pico de verano en el sur hasta un fuerte patrón de monzón en el norte. En las costas de Myanmar y las Islas Andamán, la precipitación anual varía entre 2500 y 5000 mm, con unas temperaturas promedio mínimas y máximas a la sombra variando entre 7 y 16 °C, y entre 37 y 38 °C, respectivamente. (Hernández et al., 2009, p. 29).

Casuarina equisetifolia se ha plantado con éxito en áreas con una precipitación anual de 200 a 6000 mm, aunque crece más rápido en áreas con una precipitación anual de 700 a 2500 mm. Dentro de su rango artificial, cuando la temperatura promedio anual cambia entre 18 y 28 ° C, Casuarina crece bien, la temperatura promedio en el mes más cálido está entre 20 y 35 ° C, y la temperatura promedio en el mes más frío está entre 10 y 20 Entre ° C. Según los informes, las heladas solo causarán un daño mínimo a los árboles maduros, aunque una temperatura de aproximadamente -8 ° C puede matar árboles de menos de 0.5 m de altura. (Hernández et al., 2009, p. 30).

En Puerto Rico, las plantaciones de Casuarina se han establecido en áreas subtropicales secas, subtropicales húmedas y subtropicales muy húmedas. La precipitación anual promedio en estas áreas está entre 600 y 4000 mm, y la mayoría de los sitios tienen precipitaciones entre 1250 y 2000 mm. (Hernández et al., 2009, p. 30).

En el sur de China, se han establecido extensos bosques de plantación en las áreas costeras de las provincias de Guangdong y Fujian y la región autónoma de Guanxi. La precipitación anual promedio varía entre 1400 y 1600 mm, y hay una estación seca de seis meses de duración. La temperatura anual promedio en esta región es de 24 °C, con un máximo absoluto de 37 °C (101). (Hernández et al., 2009, p. 30).

Producción y Crecimiento

Nivel Nacional

La primera plantación de pinos en el Perú (5 has de Pinus Australiano D. Don) fue realizada en Huánuco y ejecutada por la familia Tome en el predio Mitotambo, distrito de Kichkí. Este predio de 114 has al ser afectado por la Reforma Agraria en 1977 fue cedido a favor de la Ex dirección Gral. Forestal y de Fauna del Ministerio de agricultura. Luego se declaró como el Rodal Semillero Mitotambo. (Hernández et al., 2009, p. 31).

En Cajamarca y Cusco, en las áreas de sembrío tiene una producción de 1000 plantas por hectárea, siendo esta mayormente utilizada como madera desechándose las hojas, aunque en algunas áreas, como en la India, la especie es predominantemente dioica. Los racimos de flores masculinas (espigas o amentos), que crecen al final de las ramillas, son de forma cilíndrica estrecha, de 1 a 2 cm de largo y menos de 3 mm de grosor. Las minúsculas flores masculinas se concentran en anillos entre escamas grisáceas, cada flor consistiendo de un estambre expuesto de color marrón de menos de 3 mm de largo y de dos escamas de sépalos de color marrón y tamaño minúsculo. Los racimos de flores femeninas consisten de espigas ovoides o globulares de menos de 3 mm de diámetro y con un pedúnculo corto. Las flores femeninas individuales consisten de un pistilo de 5 mm de largo que incluye un ovario, un estilo muy corto y dos estigmas de color rojo oscuro, largo y filiforme. (Hernández et al., 2009, p. 31).

La casuarina es polinizada por el viento. La fruta múltiple es una esfera similar a los conos, dura y leñosa, de 13 a 20 mm de diámetro que a menudo es más larga que ancha. Cada uno de estos “conos” consiste de 70 a 90 frutas puntiagudas; cada fruta tiene 3 mm de largo y 3 mm de ancho (57). Cuando completamente maduros, los conos varían en color de gris verde a marrón rojizo (50). Producción de Semillas y su Diseminación. (Hernández et al., 2009, p. 32).

A la madurez, las dos bractéolas que forman las frutas individuales se separan, liberando en el proceso una sola semilla de color café claro de aproximadamente 6 mm de largo. Las semillas aladas son dispersadas por el viento. Los conos maduros se pueden

recolectar directamente de las ramas al cortarlas. Las semillas alcanzan su peso y germinabilidad máximos 18 semanas después de la antesis o cuando los conos cambian de color, de verde a marrón. (Hernández et al., 2009, p. 32).

Nivel Regional

Según. Semiabobio, A. (2003). Indica que:

En Cajamarca existen muchas plantaciones en menor escala, pero hay dos predios en donde sí se puede establecer la cantidad de has y edad, así tenemos "El predio Granja Porcón" de la cooperativa Atahualpa-Jerusalén, la que tiene unas 8000 has, de las cuales el 99% son bosques de pino de diferentes variedades, así como *Pinus patula* de 6400 has. (79.98%), de 20 años de edad; *Pinus radiata* de 1040 has. (13%) de 15 años; *Pinus michoacana* de 160 has. (2%) con 18 años; *Pinus pseudostrobus* de 240 has. (3%) con 18 años y *Pinus montezumae* de 160 has. (2%) con 18 años de edad. Actualmente se viene explotando la madera de pino procedente del raleo selectivo que se efectúa en los bosques. Tenemos también las plantaciones de pino de la SAIS Sunchubamba en donde se han introducido varias especies de pino de las cuales no existe una información oficial ni completa de la cantidad de has, siendo ésta aproximadamente de 8000 a 9000 y la especie predominante es *Pinus radiata*.(p.56).

Nivel Local

Según. Melgarejo, R. (2017). Indica que:

La investigación se llevó a cabo en el distrito de San Marcos, Provincia de Huari, Región Ancash, a una altura de 3 240 msnm presentando un clima de templado a frío. El objetivo de la investigación fue evaluar la producción de plantones de *Pinus Australiano*. Donde en el distrito de San Marcos, provincia de Huari, Región Ancash. El diseño experimental utilizado fue el Diseño completamente al Azar (DCA); con cuatro tratamientos más el testigo que representa neutro: con hongo molido (*Boletus edulis*), con hongo fresco (*Boletus edulis*), tierra micorrizada (tierra de pino) y con raicillas de *Pinus radiata* (molidos). Como huésped se ha utilizado plantas de *Pinus radiata* D. Los resultados nos indican, que los tratamientos de *Pinus radiata* con tierra micorrizada han logrado el mayor resultado en cuanto a efectos de micorrización, obteniéndose como resultado en las variables en 150 días, Altura de plantas: 25,20 cm, diámetro de tallo 4 mm, 41,40 hojas

fasciculares, nivel de micorrización MB (muy bueno), nivel de vigor muy bueno (MB), tamaño de raíz 48,90 cm, plantas vivas 82,63 unidades y plantas para campo definitivo de 82,63 unidades con tierra micorrizada, seguido por hongo fresco, hongo micorrítico molido y finalmente con raicilla de pino. El tratamiento con mejores resultados en la producción de *Pinus radiata* fue con tierra micorrizada. (p.44)

Producción de Semillas y su Diseminación.

En la madurez, las dos piezas que forman una sola fruta se separan, en el proceso se libera una sola semilla marrón claro de aproximadamente 6 mm de largo. Las semillas aladas son arrastradas por el viento. Los conos maduros se pueden recoger directamente de las ramas cortando. Después de 18 semanas de floración o cuando el color de las células cónicas cambia de verde a marrón, las semillas alcanzan el máximo peso y germinación. La evaluación de las células cónicas recolectadas de árboles de 2 a 7 años mostró que las semillas recolectadas de árboles de 5 años produjeron la mayor tasa de germinación y el mejor vigor. Los conos colocados en la bandeja, cubiertos con un paño delgado y completamente seco al sol, generalmente comienzan a liberar sus semillas rápidamente en 3 días. Un kilogramo de conos verdes (aproximadamente 250 conos) puede producir de 20 a 60 gramos de semillas. Hay aproximadamente 650 a 760 semillas por gramo. Se recomienda utilizar un repelente de insectos efectivo durante el proceso de secado para evitar que las hormigas cacen. (Hernández et al., 2009, p. 35).

Suelos y Topografía

En su área de distribución natural, *Casuarina equisetifolia* se distribuye en dunas de arena, llanuras arenosas y áreas costeras con una topografía leve que no excede los 100 m. El suelo generalmente consiste en arena sobre marga arenosa. En Micronesia, *Casuarina* ocurre naturalmente en sabanas a lo largo de la costa y en piedra caliza y suelo volcánico. *Casuarina* crece mejor en suelos porosos bien drenados, que tienen suficiente suministro de agua y nutrientes, como inundaciones causadas por ríos o suelos francos arenosos. En el caso de sal excesiva y alta saturación de sodio, incluso si se reduce la tasa de crecimiento, crecerá bien en arena y calcio pobres en nutrientes y suelos moderadamente salados. La casuarina crece bien en suelos con un amplio espectro de pH, desde 5.0 a 9.5. Este árbol se ha cultivado con éxito en áreas problemáticas, como dunas, calizas y escombros de mineral de estaño, y piedra pómez estéril. La decoloración púrpura en los

brotos jóvenes demostró una deficiencia de fósforo, inhibió la fijación de nitrógeno por la simbiótica bacteria Frankia y puede limitar la productividad de Casuarina equisetifolia en algunos lugares. Se cree que la deficiencia de potasio es responsable de la gran cantidad de muertes de ciertas plantaciones en la India. (Hernández et al., 2009, p. 35).

Plantaciones y Accesibilidad de Pino Australiano o Casuarina

Tenemos plantaciones de pino australiano o casuarina en toda la provincia y región los lugares más cercanos y accesibles a nuestra ciudad son cambio puente, la campiña, Sta. Clemencia, Chachapoyas, 14 Incas, Lacra marca, la mora, Cascajal, la Rinconada, Vinzos, Tamborreal y monte sarumo.

Esta planta posee muchas características que son parecidas a las de los pinos, en biología nosotros llamamos a esto ‘convergencias evolutivas’ y sucede en organismos que están lejanamente emparentados evolutivamente pero que desarrollan caracteres morfológicos muy similares, por ejemplo: Obviamente, *C. equisetifolia* es como una aguja (como una aguja) como un pino, pero son solo ramas de la fotosíntesis. Sus hojas verdaderas son muy pequeñas y no hay cloroplasto. Esta es otra convergencia evolutiva. Entonces el nombre específico es verbena, hoja de cola de caballo. Después de la fertilización, las flores de Casuarina comienzan a formar semillas y las flores comienzan a convertirse en frutos. Cuando maduran, se vuelven lignificados y parecen ser cónicos, al igual que en los pinos y otras gimnospermas.

La tercera característica y quizá sea la más interesante, es que las semillas de esta planta, en algún momento de su crecimiento desarrollan un ala parecida a la de las semillas de los pinos; en ambos casos las alas permiten un mayor desplazamiento en la durante dispersión de las semillas. (Hernández et al., 2009, p. 36).

Propiedades Químicas

Tabla 7
Propiedades Químicas de la Hoja de Pino

Elemento	ASTM C618-05			COCO	PINO
	N	F	C	%	%
Compuesto					
Al ₂ O ₃		<10	>10	1.93	8.97
CaO				7.07	10.59
Fe ₂ O ₃				0.84	3.00
K ₂ O				22.97	1.48
MgO				6.06	5.54
Na ₂ O				2.97	1.39
P ₂ O ₅				6.36	1.63
PxC	10	6	6	32.05	12.77
SiO ₂				17.69	50.70
SiO ₂ + Al ₂ O ₃ + Fe ₂ O ₃	70	70	50	20.46	62.67
Densidad				2.3	2.42

Fuente: (Awal & Hussin., 1997, p.45).

Esta planta es potencialmente útil para la regeneración del suelo porque proporciona una gran cantidad de P, Ca, K y Mg al suelo en comparación con otras especies. En algunas partes del mundo, la madera de esta planta se utiliza en edificios rurales, mástiles, leña y carbón de alta calidad, mientras que las astillas de madera están disponibles para aglomerados y traviesas de ferrocarril.

Después de la fertilización, las flores de Casuarina comienzan a formar semillas y las flores comienzan a convertirse en frutos. Cuando maduran, se vuelven lignificados y parecen ser cónicos, al igual que en los pinos y otras gimnospermas. (Hernández et al., 2009, p. 37).

Propiedades físicas

Una de las propiedades físicas de la hoja de pino que es muy frecuente ya que sus hojas son de grafía acicular, verde azuladas brillantes o verde amarillentas, estrechamente alargadas con 6 o 15 cm de extensión, exageradamente gruesa y punzante, agrupadas en parejas. Aumentos masculinos (asimismo llamados yemas o cogotillos) en espigas de tono ambarino activo. (Hernández et al., 2009, p. 38).

Consumo y Usos

Es un tipo de árbol conífero con buenas propiedades curativas y se ha considerado como una enfermedad común para tratar los resfriados desde la antigüedad. Veamos qué enfermedades se pueden tratar con los pinos: reumatismo, enfermedad de la garganta, catarro, gripe, resfriado, tos, neumonía, tuberculosis, debilidad uterina, problemas de vejiga, enfermedades neurológicas causadas por shock o depresión, inflamación uretral, debilidad física, riñones. Bloqueo, gota, alimentación, traqueítis, enfermedades, problemas de toxinas en la sangre, etc. Las partes que se usan del pino son los brotes nuevos, yemas, hojas. (Hernández et al., 2009, p. 38).

JUSTIFICACION DE LA INVESTIGACION

Nuestro País adolece incluso con más del 60% de infraestructura vial inadecuada, y en este texto se presentan innumerables suelos con características mecánicas inapropiadas para la fabricación de carreteras por lo cual es preciso el empleo de materiales de prestación, para suplantar a aquellos suelos deficientes, lo que implica mayores costos en su construcción por el transporte de estos materiales de superior calidad, pero la inquietud superior es que estas canteras van extinguiéndose y por lo tanto hoy no podemos platicar de su rito sostenible.

En la actualidad en la provincia de Huarney no cuenta con canteras de agregados áridos que cumplan con las exigencias de la normativa peruana para pavimentación , por lo tanto nuestra propuesta es acudir a la estabilidad del afirmado “ Cantera 3 piedras – Huarney”, con bastante sostenibilidad ; como es el caso del proyecto de tesis que vamos a experimentar, para aumentar su capacidad de soporte del afirmado

con bajo CBR” de la misma, adicionaremos la Ceniza de Hoja de Pino ; la cual no es utilizado para los agricultores de la zona rural de Monte Sarumo y Lacramarca de la Provincia del Santa – Region Ancash , donde encontramos esta materia prima. Este método es utilizado en países del primer mundo, implementando este sistema en nuestra Región Ancash, evitaremos el material de préstamo así sea de mal uso o no apto acto para los pavimentos en nuestra ciudad Chimbote, utilizando la estabilización buscaremos cumplir los estándares de Norma, y así su tiempo de vida sea mucho más prolongado.

Se ha tomado como material la planta de casuarina, por lo que dentro de nuestra provincia hay bastante plantas de casuarina sobre todo en el área rural en la parte de lacra marca y Monte Sarumo y que en muchos de los casos son quemados todas las hojas de esta planta porque para los pobladores son inservibles pero en algunos de los casos lo usan como paja para la construcción de adobes, lo cual nosotros podemos usar como un material puzolánico incinerando las hojas, y así reduciendo gastos en las construcciones y ahorrando el material principal de endurecimiento que es el cemento.

La metodología de la presente investigación consiste primero en la recolección de hojas de pino australiano o casuarina para luego darle un secado para la respectiva incineración, para luego adicionar con un porcentaje de 10% al afirmado que contiene bajo CBR en la Cantera “ 3 Piedras - Huarmey” , tratando de aumentar la estabilidad del suelo y el bajo CBR que contenga dicho afirmado y también aumentar la capacidad de soporte del afirmado, para tal objetivo se realizara una serie de ensayos como: CBR, Peso Unitario Compactado, Análisis Granulométrico , Limites de Consistencia, Proctor Modificado ; cuyos resultados serán trabajados, analizados e interpretados con la metodología estadística y en apego a las normas vigentes.

También dentro de sus propiedades se encuentra que es un material que contiene numeroso porcentaje de Sílice y cal, por ende, se puede utilizar como agregado a un concreto estructural y mejorar la resistencia a la compresión comparado con un concreto convencional que no tiene cenizas.

El desarrollo de este proyecto de Tesis beneficiara a la comunidad de Huarmey ya que se está innovando una solución a la problemática de falta de materiales áridos (afirmado) de sus canteras para su uso en la pavimentación de sus vías.

Asimismo, al generar este proyecto de Tesis se está desarrollando un nuevo tipo de material el cual incrementa la Capacidad Portante del Afirmado de la “Cantera 3 Piedras Provincia de Huarmey”, y su viabilidad es sostenible ya que los materiales de préstamo son de la misma Región Ancash.

PROBLEMA

REALIDAD PROBLEMÁTICA

En el distrito de Chimbote existen canteras por la misma formación natural que presentan la zona, la mayoría de las canteras no cumplen con la norma de transporte para uso en carreteras pavimentadas y no pavimentadas, Las canteras que son utilizadas para extraer afirmado y que luego son utilizados en las sub base y bases de los pavimentos tienen en líneas generales baja capacidad de soporte. Para nuestra investigación se trabajó en la cantera, “3 Piedras – Huarmey” la cual presenta un bajo CBR y baja capacidad de soporte según estudios realizados en el laboratorio.

Lo que motivo la realización de esta investigación fue innovar y optimizar los recursos existentes en canteras, se propone utilizar canteras de bajo CBR y que luego de un diseño de mezcla de ambos más la adición del CHPA se espera lograr un resultado satisfactorio para el uso en bases y sub-base en carreteras y no pavimentos y pavimentadas.

En la actualidad no se han realizado investigaciones para mejorar las propiedades del afirmado a nivel local, por lo que esta investigación aportara una nueva alternativa de solución para la construcción de pavimentos que cumplan los requisitos de calidad según las normas técnicas peruanas.

Existen problemas a nivel nacional en cuanto a la ejecución de pavimentos, porque los componentes del afirmado no satisfacen con las propiedades que solicitan el (MTC). Donde nos conlleva a buscar alternativas para mejorar las propiedades del afirmado. Alternativas como materiales Puzolánicos (CHP) el cual contienen Calcio y Sílice que al ser combinados con el afirmado reaccionan como un producto

cementante y aumentan la capacidad portante del pavimento.

A nivel internacional se han realizado estudios con la Ceniza de Hoja de Pino cuyos resultados han sido positivos mejorando las propiedades del afirmado y siendo utilizado en los pavimentos, dando solución a los suelos con baja capacidad de soporte. Obteniendo una solución técnica, económica y sustentable.

Se analizó el costo elevado de las carreteras de la Provincia de Huarney y esto se debe a que el afirmado utilizado en los pavimentos se trae desde canteras muy lejanas, esto nos motivó a investigar elecciones de termino a esta cuestión; ya que la “Cantera 3 piedras – Huarney” no cumple con las exigencias de la normativa peruana para pavimentos por lo que se mejoraran sus capacidad de soporte , CBR y resistencia ya que tiene un potencial volumen de afirmado lo cual generaría un menor costo en la ejecución de pavimentos ya que esta se encuentra dentro de la localidad.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

El afirmado utilizado para esta investigación es de la cantera “3 Piedras – Huarney”. Por lo tanto, nos planteamos el siguiente problema de investigación:

¿EN QUE MEDIDA LA APLICACIÓN DE AFIRMADO DE LA CANTERA 3 PIEDRAS- HUARMY, MEJORARA LA CAPACIDAD DE SOPORTE PARA BASE DE CARRETERA ADICIONANDO UN 10% DE CENIZA DE HOJA DE PINO?

CONCEPTUACIÓN Y OPERACIONALIZACION DE VARIABLES

Variable Dependiente

- Capacidad de soporte (CBR).

Definición Conceptual

El (%) CBR O CAPACIDAD DE SOPORTE

Según. Gutiérrez, C. (2010). Define:

Como la fuerza requerida para normalizar la penetración de un pistón a una cierta profundidad, expresada como un porcentaje de la fuerza requerida para que el pistón penetre a la misma profundidad y la misma velocidad en una muestra estándar compuesta de una muestra estándar de material triturado. CBR es el valor o la capacidad de soporte del suelo, que se denominará 95% de MDS (densidad seca máxima) y penetración de carga de 2,54 mm. (p.15).

Definición Operacional

La capacidad de Soporte o CBR. Esta variable fue medida con un molde dentro de un recipiente con agua suficiente para que cubrir por completo el molde después se monta un trípode con un extensómetro y se toma una lectura inicial cada 24 horas hasta las 96 horas hasta la última lectura para calcular el hinchamiento. Posteriormente se procede a realizar el ensayo de CBR el cual mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas, permitiendo obtener un (%) de la relación de soporte. (Gutiérrez, C., 2010, p. 20).

Dimensiones

Esfuerzo: Se obtiene de la correlación de la carga unitaria (lbs. /pulg².) necesaria para alcanzar una cierta hondura de penetración del pistón (19.4 cm²) dentro del espécimen compactada de suelo a un contenido de humedad y densidad dadas con respecto a la carga unitaria patrón (lbs. /pulg².) requerida para alcanzar la misma profundidad de penetración en un espécimen estándar de material triturado. (Gutiérrez, C., 2010, p. 35).

Carga axial: Fuerza que actúa a lo largo del eje longitudinal de un segmento estructural aplicada al centroide de la sección transversal del mismo produciendo un esfuerzo uniforme. Asimismo, llamada fuerza axial. (Gutiérrez, C., 2010, p. 35).

Indicadores

Promedio de penetración, varianza y Desviación estándar.

Variable Independiente

Dosificaciones en diseño de mezcla de afirmado de ceniza de hoja de Pino

Definición Conceptual

Es una muestra representativa del suelo donde elaboramos nuestro proyecto el cual está conformado por diferentes estratos. De acuerdo al manual de carreteras (**MTC, 2014**), debemos hacer dos calicatas por kilómetro para carreteras de Tercera Clase, de los cuales se obtendrán 3 muestras de mezcla de suelo arcilloso por calicata, los cuales fueron analizados e interpretados en el laboratorio de Suelos de la USP.

Definición Operacional

De la cantera 3 piedras de Huarmey se obtuvo el afirmado y llevamos las 2 muestras de suelo, una para la muestra patrón y otra para el ensayo experimental (Adicionando 10% de Ceniza de Hoja de Pino al afirmado Natural). Se desarrollarán todos los ensayos ya establecidas por la Norma Técnica Peruana en cuanto a los requerimientos para un buen diseño experimental.

Dimensiones

- **Dosificaciones**

Las dosificaciones de mezclas son las cantidades de afirmado y de Ceniza de Hoja de Pino que se necesitan para obtener las resistencias requeridas según la Normativa Peruana. Estos especímenes estarán sujetos a cada ingrediente en particular, dependerán a su vez de la aplicación particular del Afirmado natural. (**MTC, 2014**).

- **Dosificación al 10% de Ceniza de hoja de Pino**

Se añadirá un porcentaje del 10% de ceniza de hoja de Pino al afirmado natural, ya que esta dosificación, ha sido seleccionada según los antecedentes de la investigación

- **Agregados**

Afirmado

Capa de material granular natural o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito, (MTC, 2013, p.23).

Ceniza de Hoja de Pino

Materia prima elaborada de la incineración del material de Hoja de Pino, compuesto por sustancias inorgánicas no combustibles.

Indicadores

Adición de Ceniza de Hoja de Pino en un 0% al afirmado natural.

Adición de la Ceniza de Hoja de Pino en un 10% al afirmado natural.

HIPÓTESIS

Adicionando en un 10% de Ceniza de Hoja de Pino mejorara la Capacidad de Soporte del afirmado para base de carretera.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Determinar el mejoramiento de la Capacidad Portante del afirmado de la “Cantera Tres Piedras _ Huarmey”, al adicionar el 10% de la combinación de ceniza de Hoja de Pino.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar la Capacidad Portante del Afirmado de la Cantera tres Piedras – Huarmey (CBR) patrón.
- Determinar el grado de Temperatura y Calcinación de la Ceniza de Hoja de Pino, mediante el ensayo de (ATD).
- Diagnosticar la Composición Química de la Ceniza de Hoja de Pino mediante el ensayo de FLOURESCENCIA DE RAYOS X (EFRX).

- Diagnosticar el grado de Alcalinidad del afirmado natural y la Ceniza de Hoja de Pino mediante el ensayo de PH.
- Determinar la Capacidad Portante - CBR y Proctor Modificado experimental, adicionado con la ceniza de Hoja de Pino Australiano en su dosificación de 10%.
- Analizar y comparar los resultados del espécimen Patrón y Experimental, mediante la interpretación estadística y en apego a las Normas Vigentes del MTC.

II.METODOLOGIA

MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Método Experimental, por lo que se requirió descubrir nuevos conocimientos aplicando los ensayos que correspondan al estudio del afirmado. Comparando el afirmado natural (muestra control) y una muestra de afirmado, mejorando su capacidad de soporte con la adición de la ceniza de hoja de pino en un 10%. (Muestra experimental).

El método experimental se apoyó en diversos ensayos como: (ATD, EFRX, PH, Contenido óptimo de Humedad, Granulometría, Límites de Consistencia, Abrasión, Proctor Modificado y CBR) cuyos resultados fueron procesados en laboratorios especializados. La mayor parte del estudio, se realizará en el laboratorio, observando y debatiendo los resultados obtenidos.

Por ende, se diría que nuestra investigación está orientada al nivel “Experimental”. Ya que tratamos de obtener una mejor resistencia y Capacidad Portante de un suelo que sea aceptable para su uso según la (NTP), y a la vez el costo sea más accesible para la población.

Se empleó el método de la Observación porque se tomaron datos mediante una **Guía de Observación**.

TIPO DE INVESTIGACION

Dicha investigación fue de modelo aplicativo, haber tenido en cuenta los conocimientos estudiados, comprobaremos de forma experimental la característica de estabilización del

afirmado con la adición de la Ceniza de Hoja de Pino.

Nuestra investigación fue **aplicada**, porque se buscó mejorar la Capacidad Portante del afirmado para base de carretera adicionando un 10% de Ceniza de Hoja de Pino y descubrir respuestas de cómo reacciona el afirmado experimental.

Usando métodos satisfactorios e innovadores y más que todo naturales a bajos costos, teniendo en cuenta los conocimientos previos investigados y estudiados comprobaremos de manera experimental la resistencia al corte de un suelo. Los métodos y ensayos se trabajaron de forma empírica, formando del tiempo un factor importante para la conclusión de resultados.

Los resultados obtenidos ayudaron para el desenlace de los problemas enlazados al mejoramiento de la resistencia específicamente para carreteras, explicando cómo se comporta la resistencia cuando se sustituye un porcentaje de adición de ceniza de hoja de Pino Australiano a previamente actividad.

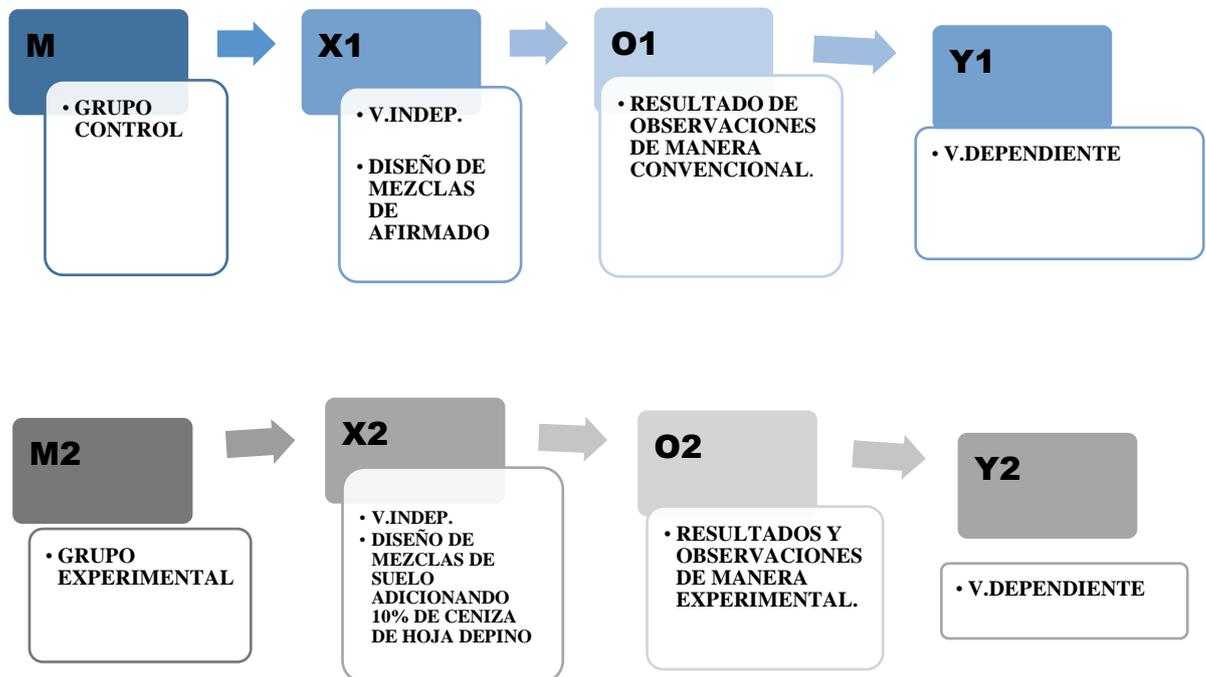
DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

El boceto que le corresponde a dicha investigación es el siguiente: modo Experimental de nivelación Cuasi – Experimental, ya que se comparó las muestras de dos grupos de estudio designados: Grupo Control y Experimental, debido a que se utilizaron como materiales Cenizas de Hoja de Pino australiano en relación al suelo – afirmado.

Esquematización del proceso de Muestras

Tabla 8

Proceso de muestras



Fuente: Elaboración propia

Donde:

M1: Grupo control, Muestras de mezcla de suelo en estado natural

X1: Mezcla de afirmado natural, sin adición.

O1: Observaciones Obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación de la mezcla de suelo en estado natural.

Y1: Capacidad de soporte de las muestras de mezcla de afirmado en estado natural (Variable dependiente).

M2: Grupo Experimental, Muestras de mezcla de afirmado adicionado 10% de CHP.

X2: Mezcla de afirmado con adición de 10% de CHP.

O2: Observaciones Obtenidas por dicha muestra, son los resultados anotados en la guía de observación de la mezcla de afirmado adicionado 10% de CHP.

Y2: Capacidad de soporte de las muestras de mezcla de afirmado adicionado de 10% de CHP. (Variable dependiente).

ENFOQUE DE LA INVESTIGACION.

Cuantitativo, porque para desarrollar el proceso de la investigación nos apoyaremos en la metodología estadística en diferentes fases del proceso de investigación como, por ejemplo: recolección de datos, procesamiento, mención de variables, análisis de resultados. Así mismo para determinar la información se han aplicado ensayos de laboratorio, tales como:

- ATD.
- Fluorescencia de rayos X (EFRX).
- PH.

En donde estará apoyado el método experimental, dichos ensayos tiene que repetirse más de una vez.

POBLACION Y MUESTRA

POBLACIÓN

- El estudio tuvo como población al afirmado de la “Cantera 3 Piedras –Huarney” y la Ceniza de Hoja de Pino para la elaboración de los especímenes patrones y experimentales.
- La hoja de Pino se recolecto de las zonas rurales de Monte Sarumo y Lacra marca en la provincia del Santa, debido a la abundancia del material en dicho sitio, el material de afirmado se almaceno en sacos para ser trasladados al laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP.

MUESTRA

La muestra está constituida por Especímenes de CBR.

3 especímenes patrones.

3 especímenes experimentales con la Adición de Ceniza de Hoja de Pino.

Ubicación y Localización de Muestras

Afirmado (Cantera Tres Piedras _ Huarmey _ Ancash)

Ubicación

Geográficamente, el área de investigación dividida por el uso se encuentra en el distrito de Huarmey de la provincia de Huarmey en la región de Ancash.



Figura 4. Ubicación Huarmey. (<https://es.wikipedia.org/wiki/Huarmey>)

Limites:

- Norte: Limita con la Provincia de Casma.
- Este: Limita con la Provincia de Huaraz.
- Sur: Limita con la Región Lima.
- Oeste: Limita con el Océano Pacífico.

La ubicación de la cantera de afirmado llamado 3 piedras tiene las siguientes coordenadas geográficas, a saber, 10 ° 01'54.05 pulgadas de latitud sur y 78 ° 09'05.78 pulgadas de latitud oeste, en el Km 295 del panamericano norte (2.00 km desde la entrada de la orilla derecha).

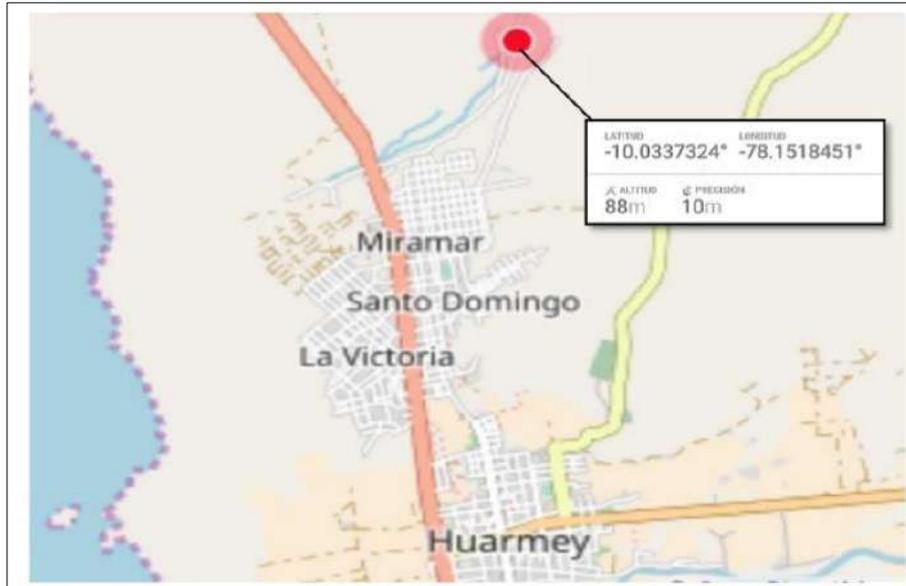


Figura 5. Coordenadas Geográficas. (<https://www.googleearth.com/Huarmey>).

Potencia, uso y disponibilidad

La dimensión cuantificable de la cantera muestra una longitud de 300.00m, un ancho de 300.00m y una altura de 10.00m. El 70% de todos los materiales que se pueden mover se pueden usar para afirmado, definiendo los siguientes volúmenes.

- Volumen bruto = 900,000 m³
- Volumen neto para afirmado = 630,000 m³
- Volumen descartable = 270,000 m³

La propiedad es gratuita y no es tierra agrícola, pertenece al municipio del condado de Huarmey y debe coordinarse con las autoridades del área para el desarrollo.

TECNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCION DE DATOS

Tabla 9

Técnicas de recolección de información

TÉCNICAS DE RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN	INSTRUMENTO	ÁMBITO DE LA INVESTIGACIÓN
La Observación Científica	<ul style="list-style-type: none">• Guía De Observación Resumen• Fichas Técnicas De Laboratorio	Muestreo <ul style="list-style-type: none">• Grupo Control (Capacidad de soporte del suelo (CBR) convencional)• Grupo Experimental (Capacidad de soporte del suelo (CBR) adicionándole la Ceniza de Hoja de Pino)

Fuente: Elaboración propia.

Para la recopilación de datos, utilizamos una guía de observación resumida como una herramienta que se estructuro y recopilo información cuantitativa desde una perspectiva cuantitativa.

Siendo un proyecto de investigación con un nivel de investigación Cuasi_Experimental y muestras de prueba de nuestra población en el laboratorio, elegimos utilizar: la observación científica como técnica de investigación. (Guía de observación resumen como instrumento), se deseó ir comparando la Capacidad Portante del suelo y su resistencia, ya que cumplió con los criterios para propósitos de pavimentación, variabilidad dimensional y el rendimiento de los agregados que se utilizaron en nuestras pruebas, ya sea para el afirmado normal o al adicionar Ceniza de Hoja de Pino, la cual obtuvo una mejoría en la resistencia para cada resultado. Percatándonos siempre que el afirmado a utilizarse en nuestro diseño solicita ser evaluados por una orden de ensayos y métodos, ya que determino si los materiales son buenos para nuestro afirmado a emplear, pues se debe tener en total los siguientes ensayos.

Los Instrumentos fueron tomados con respecto a los siguientes ensayos:

- Granulometría.
- Límites de consistencia.

- Contenido de Humedad.
- Abrasión.
- Proctor Modificado.
- CBR.

Para el cálculo y análisis de los resultados producidos en el laboratorio de mecánica de suelos, se apoyó con la ayuda del programa de Estudios de la USP.

En las pruebas realizadas, se tuvo expertos del laboratorio de suelos; elementos como cámaras y otros instrumentos que se utilizaron para grabar y demostrar el contenido en este perfil del proyecto.

PROCESO Y ANÁLISIS DE DATOS

- ✓ Envíe una solicitud al laboratorio de suelos de la USP, para facilitar el acceso a la Institución de la misma.
- ✓ Conseguir nuestra materia prima y nuestro afirmado de la cantera de Huarmey que se utilizaran en los ensayos en el laboratorio.
- ✓ Tomaremos notas a través de archivos, mediante fichas, filmación y grabación de fotos para ver el progreso de las pruebas.
- ✓ Desarrollaremos los ensayos de Proctor modificado para hallar el Grado de fineza del afirmado.
- ✓ Se realizará una prueba de CBR para cada punto y así descubrir la resistencia al corte del suelo o para determinar la capacidad portante del afirmado de la cantera 3 piedras _Huarmey.
- ✓ Ejecutaremos el curado de las probetas patrones y experimentales para realizar el ensayo al a penetración para saber la expansión del afirmado y su capacidad de soporte (CBR).
- ✓ Usando los datos obtenidos, haremos una tabla que ayudará a analizar los resultados.

GUIA DE OBSERVACIÓN

SITUACION A OBSERVAR

Registrar los datos obtenidas en el ensayo de CBR, en la penetración de cada probeta, así como también se deberá registrar la variabilidad dimensional y la Capacidad Portante del afirmado con el objetivo de registrar los resultados obtenidos con respecto a los ensayos elaborados: el diseño natural y el diseño de la adición de 10% de CHP.

OBJETIVO:

Mejorar la Capacidad Portante del afirmado de la Cantera 3 Piedras _ Huarney adicionando 10% de Ceniza de Hoja de Pino y compararlo con el afirmado natural.

Se tomarán instrumentos para las siguientes pruebas y ensayos que se mencionaron en la observación científica:

- Granulometría, Contenido de Humedad, Límites de Consistencia, Abrasión, Proctor Modificado y CBR.

VALIDACION

Para la validación en este proyecto de Tesis hemos aplicado el “ Método de los Expertos” , donde un grupo de expertos en la materia de Ingeniera Civil evaluaron el contenido de dicha Tesis, en primera instancia verificaron si nuestra Tesis podrá llegar al Objetivo planteado y nos sugirieron seguir con el proyecto para que así pueda tener consistencia nuestro Proyecto de Investigación ; elaboramos nuestros instrumentos a emplear en este proyecto (Guía de Observación) , los cuales fueron validados por los mismos y firmados con sus respectivas firmas y sellos.

CONFIABILIDAD (POR METODO ALFA DE CRONBACH)

En cuanto a la confiabilidad utilizamos el “método de Alfa Cronbach”, el cual sirvió para medir el grado de confiabilidad de cada uno de los instrumentos utilizados en este proyecto.

El Alfa de Cronbach es un coeficiente que nos sirvió para medir la fiabilidad de una escala de medida.

El alfa de Cronbach nos permitió cuantificar el nivel de fiabilidad de una escala de medida para la magnitud inobservable construida a partir de las “n” variables observadas.

Teniendo como conocimiento que este método consiste en obtener un índice de consistencia interna que toma valores entre 0 y 1 y que sirve para comprobar si el instrumento que se está evaluando recopila información defectuosa y por lo tanto nos llevó a conclusiones equivocadas o si se trata de un instrumento fiable que hace mediciones estables y consistentes, es por tal motivo que se optó por realizar esta confiabilidad al momento de decidir la vulnerabilidad del diseño de la Capacidad Portante del afirmado adicionado 10% de Ceniza de Hoja de Pino.

Para la interpretación del Coeficiente Alfa de Cronbach se toma:

- ✓ Valor mínimo= 0.70; si hay un valor menor a este se considera correlación baja.
- ✓ Valor máximo= 0.90; si es mayor a este valor se trata de redundancia o duplicación.

Usualmente los valores están entre 0.70 y 0.90

$$\alpha = \left[\frac{k}{k-1} \right] \left[1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right],$$

Donde:

- S_i^2 es la varianza del ítem i,

- S_t^2 es la varianza de los valores totales observados y
- k es el número de preguntas o ítems.

A partir de las correlaciones entre los ítems, el alfa de Cronbach estandarizado se calcula así:

$$\alpha_{est} = \frac{kp}{1 + p(k - 1)},$$

Donde:

- k es el número de ítems
- p es el promedio de las correlaciones lineales entre cada uno de los ítems (se tendrán $[k(k - 1)]/2$ pares de correlaciones).

Lo deseable para crear una escala fiable es que los ítems estén muy correlacionados entre sí. El nivel máximo de correlación se alcanza cuando los ítems X_1, \dots, X_k son todos iguales.

En tal caso, por las propiedades de la varianza , $\sum_{i=1}^k S_i^2 = kS_1^2$ $S_t^2 = k^2 S_1^2$

Por lo que el valor del alfa es, simplificando, igual a 1. Si los ítems fuesen independientes entre sí (por lo que no podrían constituir conjuntamente una escala fiable), entonces $S_t^2 = \sum_{i=1}^k S_i^2$ se tendría que el valor de alfa sería 0. Hay que advertir que el alfa de Cron Bach puede llegar a alcanzar valores negativos de existir parejas de ítems negativamente correlacionados.

PROCESAMIENTO Y ANALISIS DE LA INFORMACION

Se aplicaron los métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales.

MÉTODOS DESCRIPTIVOS

Para el presente proyecto de investigación el procesamiento de datos fue posterior a

los ensayos respectivos apoyados en una hoja la de cálculo Excel.

En dicho procesamiento se realizó:

- Tabla de distribución de frecuencias.
- Representación con gráficos estadísticos como histograma de frecuencias, polígono de frecuencias y graficas de dispersión y barras para los datos obtenidos en la observación.
- Se calculó medidas estadísticas como promedio, varianza y desviación estándar.
- Para efectos de determinar el grado de relación entre las variables se aplicó el coeficiente de correlación lineal.

MÉTODOS INFERENCIALES

Comprobación o Verificación de la Hipótesis por Prueba de Hipótesis de Diferencia de Medias poblacionales. Se usó el método mencionado anteriormente ya que las Variables de dicho proyecto son cuantitativas.

Se usó la estimación de parámetros ya que nos permite estimar valores poblacionales a partir de muestras de mucho menor tamaño.

ANALISIS DE VARIANZA

Para el presente proyecto se hizo el análisis de la varianza ya que permitió determinar si diferentes tratamientos muestran diferencias significativas o por el contrario puede suponerse que sus medias poblacionales no difieren.

El análisis de la varianza permitió superar las limitaciones de hacer contrastes bilaterales por parejas que son un mal método para determinar si un conjunto de variables con $n > 2$ difieren entre sí.

III. RESULTADOS

ANALISIS GRANULOMETRICO

Tabla 10

Análisis Granulométrico por tamizado.

TAMIZ		PESO	%	% RETENIDO	% QUE
Nº	ABERT. (mm.)	RETEN. (gr)	RETENIDO PARCIAL	ACUMULADO	PASA
3"	0.000	0.00	0.00	0.00	100.00
2 1/2"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50.800	0.0	0.00	0.00	100.00
1 1/2"	37.500	0.0	0.00	0.00	100.00
1"	22.500	212.0	17.70	17.70	82.30
3/4"	19.000	77.0	6.42	24.10	75.90
1/2"	12.500	134.5	11.21	35.30	64.70
3/8"	9.500	54.0	4.50	39.80	60.20
1/4"	6.300	147.0	12.30	52.00	48.00
Nº 4	4.750	64.0	5.33	57.40	42.60
Nº 10	2.000	66.0	5.50	62.90	37.10
Nº 20	0.850	53.5	4.50	67.30	32.70
Nº 30	0.600	20.5	1.71	69.00	31.00
Nº 40	0.425	18.0	1.50	70.50	29.50
Nº 60	0.250	24.0	2.00	72.50	27.50
Nº 100	0.150	16.5	1.40	73.90	26.10
Nº 200	0.075	11.0	0.92	74.80	25.20
PLATO		302.0	25.20	100.0	0.00
TOTAL		1200.0	100.00		

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

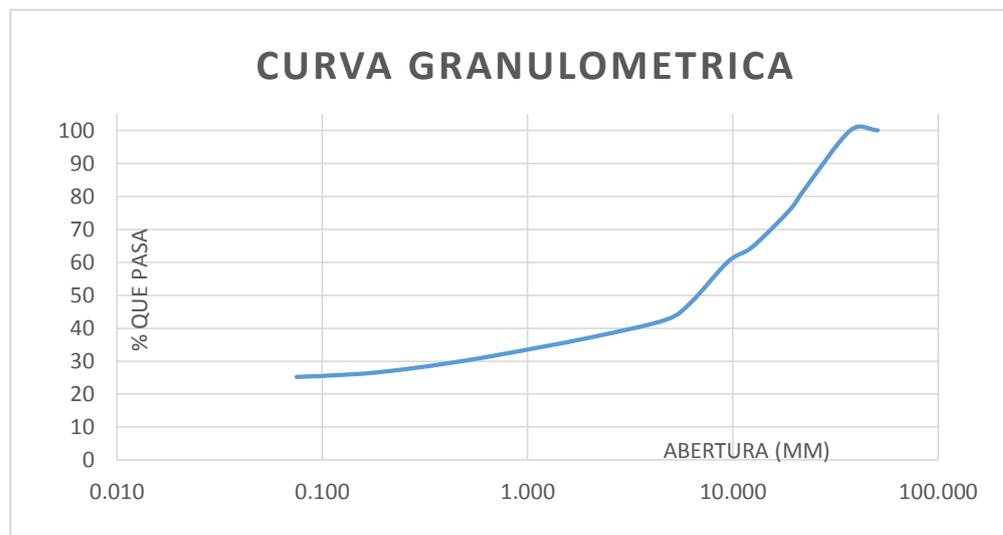


Figura 6. Curva Granulométrica del Afirmado Patrón. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

- Se evalúa la distribución de las partículas del afirmado según su diámetro.

ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD

Tabla 11

Contenido de Humedad del afirmado.

ENSAYO N°1	MUESTRA 1
TARA + SUELO HUMEDO (gr)	1039
TARA + SUELO SECO (gr)	1030.50
PESO DEL AGUA (gr)	8.50
PESO DE LA TARA (gr)	239.00
PESO DE SUELO SECO (gr)	791.50
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	1.07

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

3.3 ENSAYO DE ABRASION ASTM C- 131

Tabla 12

Abrasión ASTM_131.

Método	A
Numero de esferas	12
Numero de revoluciones	500
Muestra inicial (gr)	5000
Muestra final(gr)	4333
Peso de perdida (gr)	667
Desgaste (%)	13.34

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

LIMITES DE ATTERBERG DEL AFIRMADO NATURAL

Tabla 13

Límites de Atteberg – Patrón.

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	I	II	III	I	II	III
TARA						
Nro. DE GOLPES	12	21	36			
PESO TARA	18.5	18.40	15.00	14.90	18.30	21.08
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	53.30	49.20	45.00	18.00	21.46	24.63
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	45.30	42.30	38.60	17.60	21.00	24.12
PESO DEL AGUA	8.00	6.90	6.40	0.40	0.46	0.51
PESO DEL SUELO SECO	26.80	23.90	23.60	2.70	2.70	3.04
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.85	28.87	27.12	14.81	17.04	16.78
PROMEDIO C. DE HUMEDAD (%)					16.21	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

Tabla 14

Resumen de resultados de Límites de Atteberg – Patrón.

ENSAYO	RESULTADO
LIMITE LIQUIDO	28.50
LIMITE PLASTICO	16.21
INDICE DE PLASTICIDAD	12.29

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

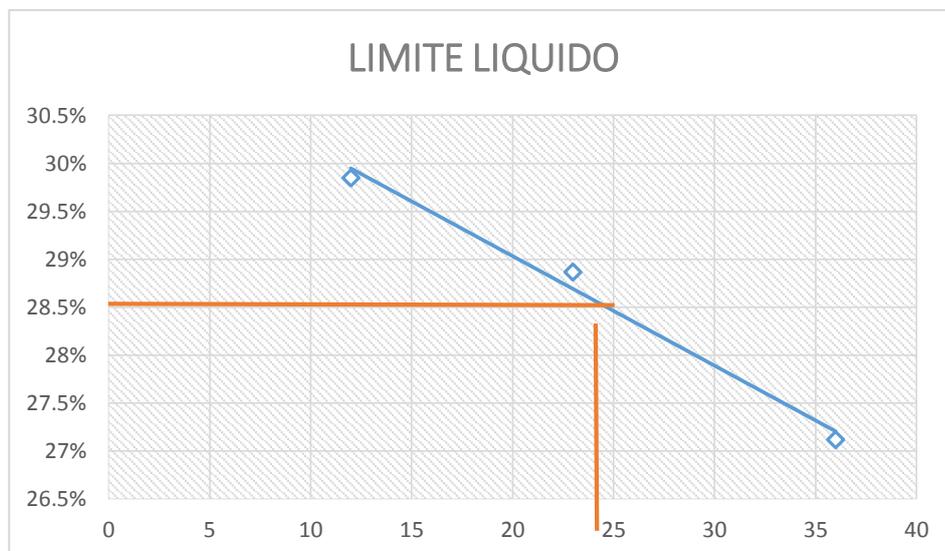


Figura 7. Límite Líquido - Patrón. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

LIMITES DE ATTERBERG DEL AFIRMADO EXPERIMENTAL 10%

Tabla 15

Límites de Atteberg – Experimental 10%

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	I	II	III	I	II	III
TARA						
Nro. DE GOLPES	17	23	36			
PESO TARA	21.09	18.50	18.36	14.17	18.30	21.08
PESO DE TARA + SUELO HUMEDO (gr)	51.99	53.02	60.42	18.14	21.46	24.63
PESO DE TARA + MUESTRA SECA (gr)	45.99	46.46	52.95	17.53	21.00	24.12
PESO DEL AGUA	6.00	6.57	7.47	0.61	0.46	0.51
PESO DEL SUELO SECO	24.90	27.95	34.60	3.36	2.70	3.04
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.09	23.49	21.59	18.15	17.04	16.78
PROMEDIO C. DE HUMEDAD (%)					17.32	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

Tabla 16

Resumen del resultado de Límites de Atteberg – Experimental 10%

LIMITES	RESULTADOS
LIMITE LIQUIDO	23.1
LIMITE PLASTICO	17.32
INDICE DE PLASTICIDAD	5.78

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

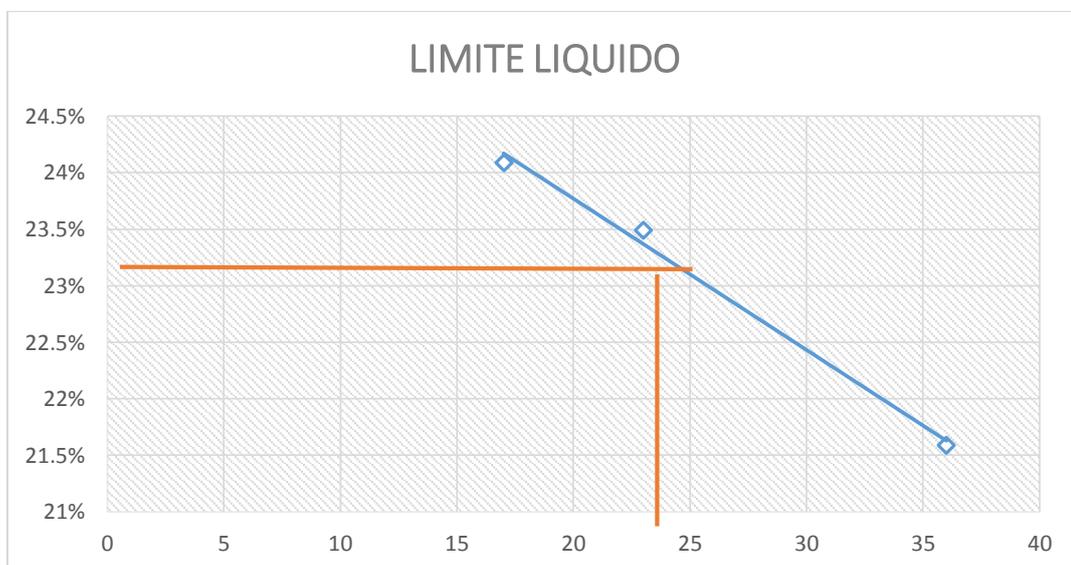


Figura 8. Límite Líquido – 10%. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – PATRON

Tabla 17
Proctor Modificado_ Patrón

Método Compactación:	“C”	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Estándar		27.7 Kg.cm / cm ³		
01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	7538	7718	7780	7690
02 - Peso del Molde (g)	2690.0	2690.0	2690.0	2690.0
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	4848.0	5028.0	5090	5000
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2275.0	2275.0	2275.0	2275.0
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm ³)	2.131	2.210	2.237	2.198
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	402.0	438.0	466.0	462.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	392.0	422.0	446	422.0
09 - Peso del agua (g)	10.0	16.0	20.0	40.0
10 - Peso del tarro (g)	208.0	202.5	240.0	65.20
11 - Peso suelo seco (g)	184.0	219.5	206.0	356.80
12 - Contenido de Humedad (%)	5.40	7.3	9.7	11.20
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.022	2.060	2.040	1.976
Contenido Optimo Humedad	8.0 %	Densidad Seca Máxima,		2.064 g/cm³

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

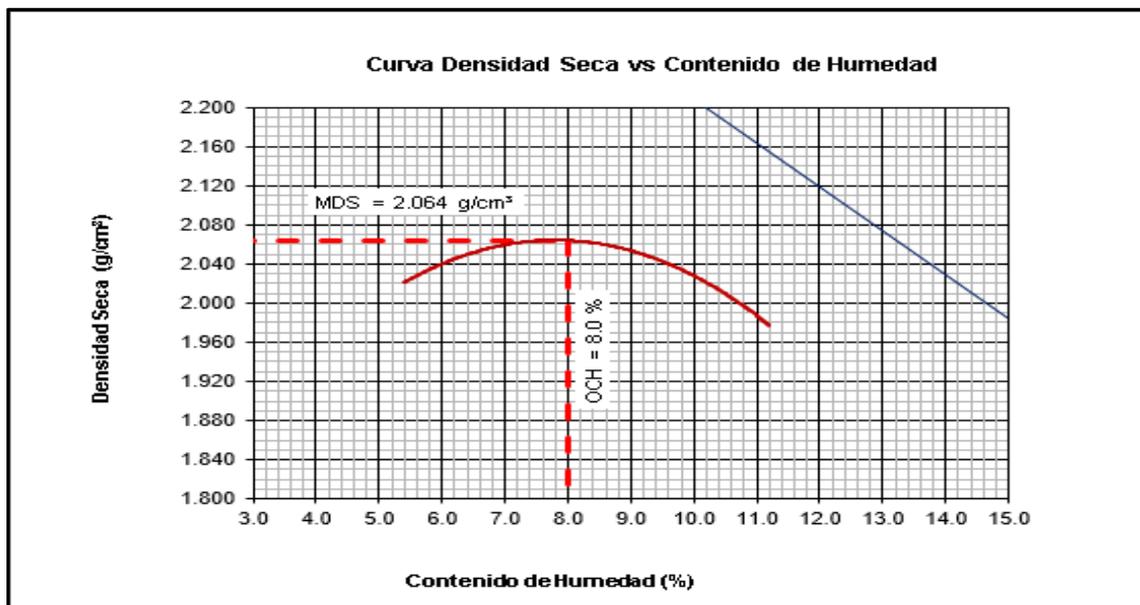


Figura 9. Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA- PATRON

Tabla 18

Contenido de Humedad Óptima y Densidad Seca Maxima_Patron

CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA- PATRON	
	PATRON
CONTENIDO OPTIMA DE HUMEDAD (%)	8.0
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	2.064

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

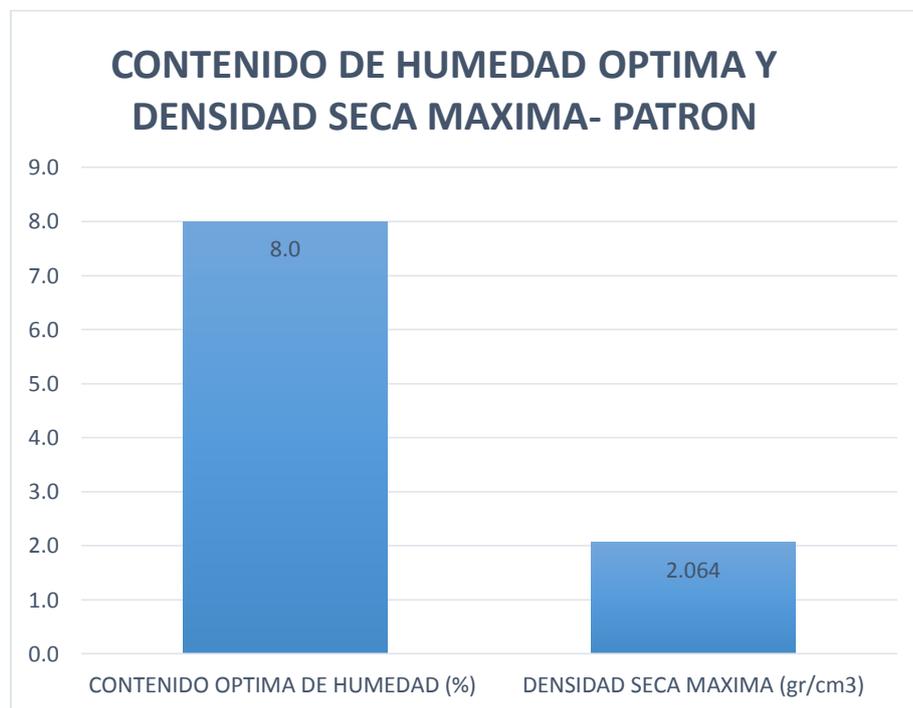


Figura 10. Comparación de Contenido de Humedad Óptima y Densidad Seca Maxima_Patron . (Elaboración propia).

ENSAYO DE CBR – PATRON

Tabla 19

Ensayo de CBR- Patrón

Características						
Numero de Molde			1		2	3
Numero de Capas			5		5	5
Numero de Golpe			56		25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³			27.7		12.2	6.1
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			9,360.0		9,097.0	8,590.0
02 - Peso del molde (g)			4,432.0		4,577.0	4,572.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,928.0		4,520.0	4,018.0
04 - Volumen de molde, cm ³			2,210.000		2,141.000	2,012.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)			2.230		2.111	1.997
06 - Tarro N°			0.0		0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			226.3		228.0	230.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			216.0		217.6	219.3
09 - Peso del agua (g)			10.3		10.4	10.7
10 - Peso del tarro (g)			88.0		88.0	86.0
11 - Peso suelo seco (g)			128.0		129.6	133.3
12 - Contenido de humedad (%)			8.0		8.0	8.0
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)			2.064		1.954	1.849
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial		Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	15-jun-18	5.00PM	0.10		0.11	0.08
Dia 02	16-jun-18	5.00PM	0.15		0.15	0.13
Dia 03	17-jun-18	5.00PM	0.19		0.20	0.17
Dia 04	18-jun-18	5.00PM	0.20		0.23	0.24
Expansión, %			4.4		5.0	5.3
Absorción						
Numero de molde			1		2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,928.0		4,520.0	4,018.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			9,519.0		9,272.7	8,768.5
03 - Peso del molde (g)			4,432.0		4,577.0	4,572.0
04 - Peso suelo embebido (g)			5,087.0		4,695.7	4,196.5
05 - Peso del agua absorvida (g)			159.0		175.7	178.5
06 - Peso del suelo seco (g)			4,561.0		4,184.2	3,719.4
07 - Absorción de agua (%)			3.5		4.2	4.8
Penetración						
				29.20 %	19.20 %	13.60 %
Molde						
		1 [56 Golpes]	2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec.	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	8.0	61.9	5.0	49.2	4.0	44.9
1.3	32.0	163.9	21.0	117.2	13.0	83.2
1.9	56.0	265.9	36.0	180.9	23.0	125.7
2.5	87.0	397.59	55.0	261.62	37.0	185.14
3.2	168.0	741.8	88.0	401.8	48.0	231.9
3.8	208.0	911.7	110.0	495.3	64.0	299.9
5.08	255.0	1111.4	150.0	665.3	89.0	406.1
7.6	400.0	1727.6	221.0	967.0	118.0	529.3
10.16	526.0	2263.0	290.0	1260.2	132.0	588.8
12.7	630.0	2704.9	340.0	1472.6	153.0	678.0
Carga [%]	397.59 kgf. [29.2%]		261.62 kgf. [19.2%]		185.14 kgf. [13.6%]	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

Tabla 20

Ensayo de CBR- Patrón

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)		C
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		2.064
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.0
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)		40.4
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)		21.0
	EMBEBIDO: 4 DIAS	EXPANSIÓN 4.4 %
		:
ABSORCIÓN: 3.5 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN:	12.8 %

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

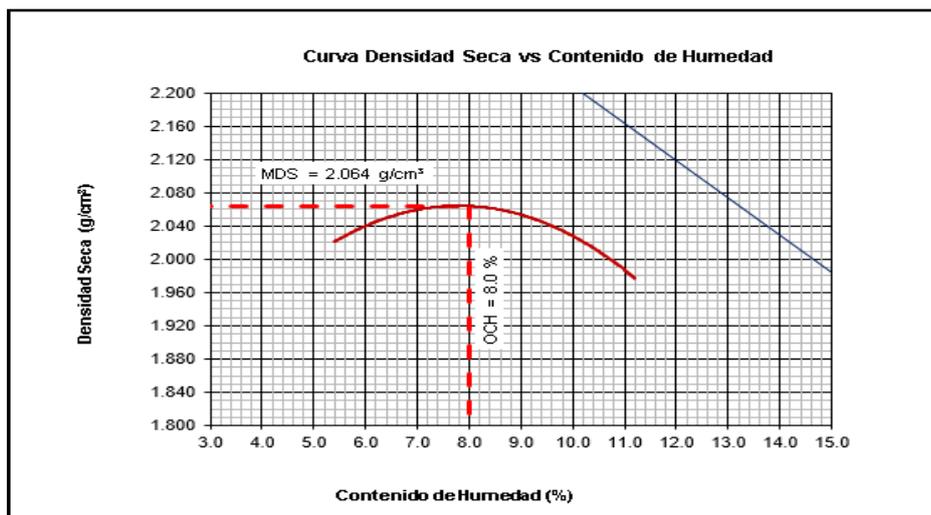


Figura 11. Curvas de CBR_Patrón. . (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

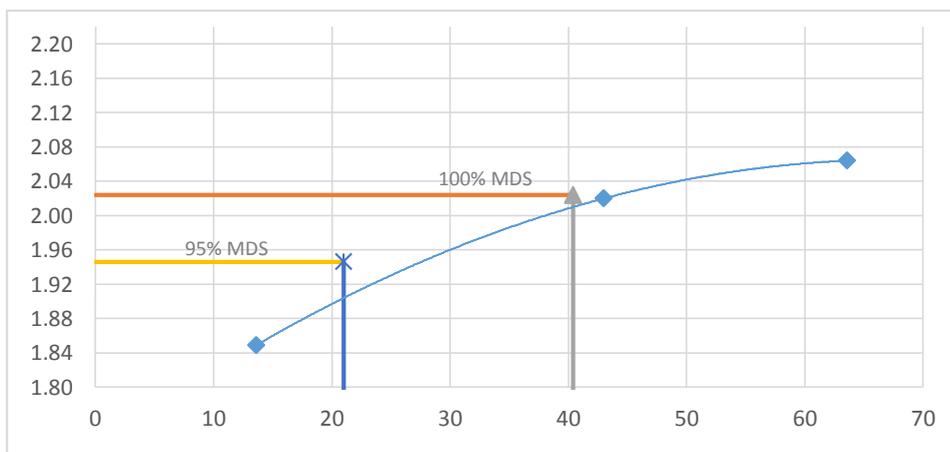


Figura 12. Curva de CBR a 2.5 mm de penetración (%). (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR PATRON AL 100% Y 95% MDS.

Tabla 21

CBR Patrón al 100% Y 95% MDS.

CBR PATRON	
	PATRON
100% MDS	40.4
95% MDS	21.0

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

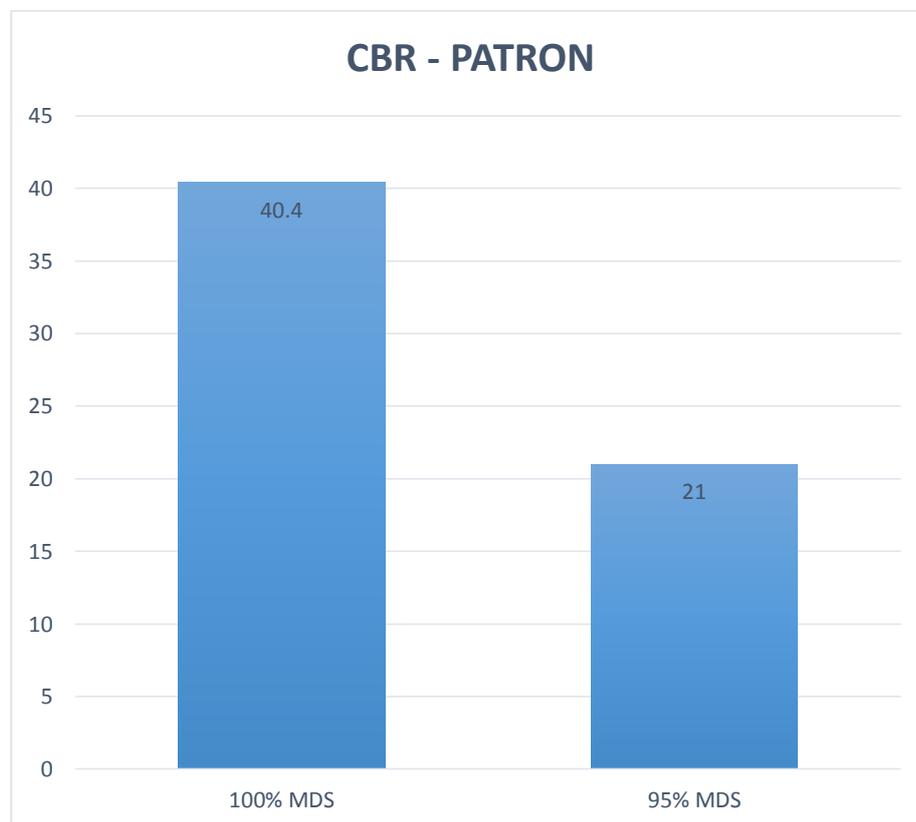


Figura 13. Análisis comparativo de CBR- Patrón al 100% Y 95% MDS. (Elaboración propia).

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – 10% EXPERIMENTAL

Tabla 22

Proctor Modificado Experimental 10%.

Método Compactación:	“C”	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm ³		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7234	7448	7680	7690
02 - Peso del Molde (g)	2690.0	2690.0	2690.0	2690.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4544.0	4758.0	4990.0	5000.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2275.0	2275.0	2275.0	2275.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.997	2.091	2.193	2.198
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	400.0	438.0	466.0	462.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	392.0	423.0	448.0	424.0
09 - Peso del agua (g)	8.0	15.0	18.0	38.0
10 - Peso del tarro (g)	208.0	202.5	240.0	65.2
11 - Peso suelo seco (g)	184.0	220.5	208.0	358.8
12 - Contenido de Humedad (%)	4.3	6.8	8.7	10.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.915	1.958	2.018	1.987
Contenido Optimo Humedad	9.3 %	Densidad Seca Máxima,		2.024 g/cm ³

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

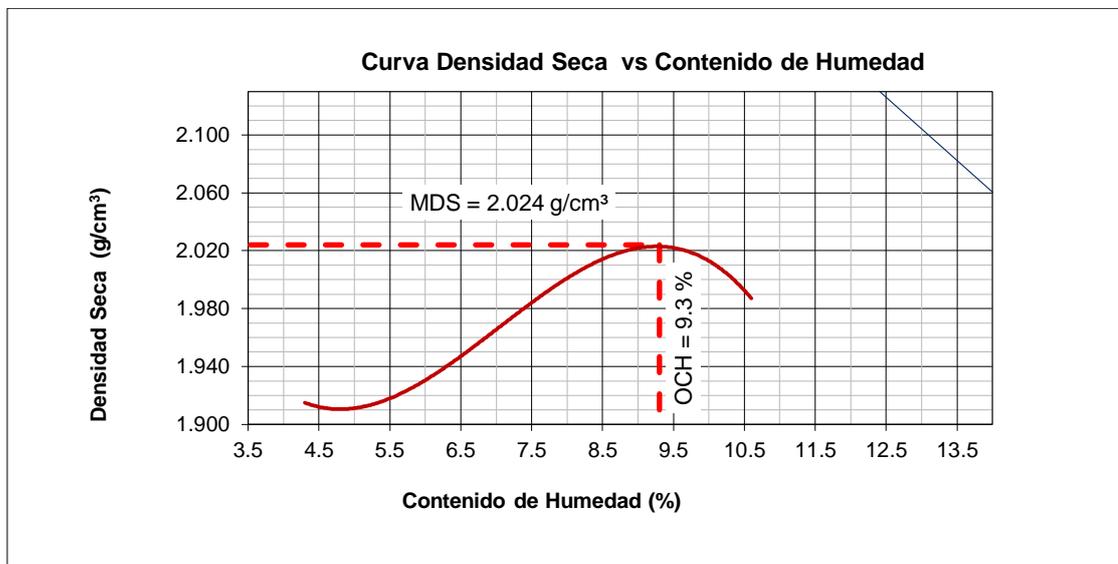


Figura 14. Curva de Densidad Seca vs Contenido de Humedad. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

RESULTADO DE CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA- EXPERIMENTAL 10%.

Tabla 23

Contenido de Humedad Optima y Densidad Seca Máxima

CONTENIDO DE HUMEDAD OPTIMA Y DENSIDAD SECA MAXIMA- EXPERIMENTAL 10%	
	EXPERIMENTAL 10%
CONTENIDO OPTIMA DE HUMEDAD (%)	9.3
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm3)	2.024

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

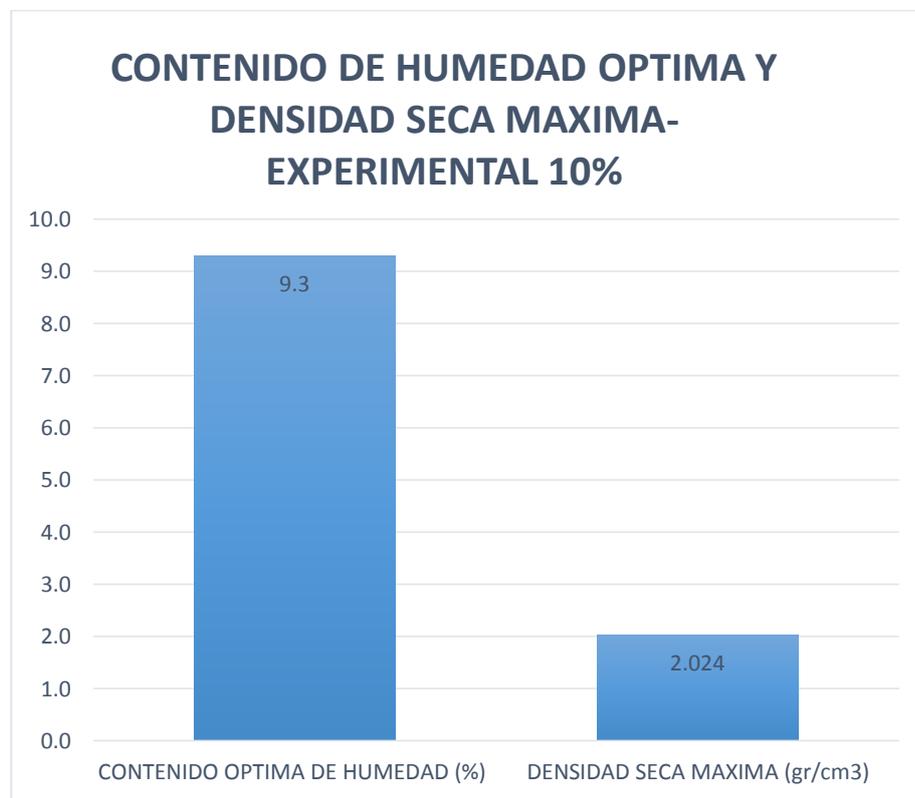


Figura 15. Análisis comparativo de Contenido de Humedad Optima y Densidad Seca. (Elaboración propia).

ENSAYO DE CBR – 10% EXPERIMENTAL

Tabla 24

Ensayo de CBR – 10% Experimental

Características						
Numero de Molde			1		2	3
Numero de Capas			5		5	5
Numero de Golpe			56		25	12
Energía Compactación [kg-cm]/cm ³			27.7		12.2	6.1
01 - Peso suelo húmedo + molde (g)			9,529.0		9,109.0	9,000.0
02 - Peso del molde (g)			4,523.0		4,504.0	3,973.0
03 - Peso suelo húmedo (g)			5,006.0		4,605.0	5,027.0
04 - Volumen de molde, cm ³			2,263.000		2,180.000	2,512.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)			2.212		2.112	2.001
06 - Tarro N°			1		2	3
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			600.0		600.0	600.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			556.5		554.3	554.3
09 - Peso del agua (g)			43.5		45.7	45.7
10 - Peso del tarro (g)			88.6		65.4	64.7
11 - Peso suelo seco (g)			467.9		488.9	489.6
12 - Contenido de humedad (%)			9.3		9.3	9.3
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)			2.024		1.932	1.830
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial		Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	15-jun-18	5.00PM	0.05		0.03	0.02
Dia 02	16-jun-18	5.00PM	0.05		0.05	0.06
Dia 03	17-jun-18	5.00PM	0.06		0.06	0.08
Dia 04	18-jun-18	5.00PM	0.12		0.18	0.29
Expansión, %			2.6		3.9	6.3
Absorción						
Numero de molde			1		2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			5,006.0		4,605.0	5,027.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			9,634.3		9,235.3	9,137.9
03 - Peso del molde (g)			4,523.0		4,504.0	3,973.0
04 - Peso suelo embebido (g)			5,111.3		4,731.3	5,164.9
05 - Peso del agua absorbida (g)			105.3		126.3	137.9
06 - Peso del suelo seco (g)			4,580.2		4,211.3	4,597.8
07 - Absorción de agua (%)			2.3		3.0	3.0
Penetración			70.80 %		33.00 %	20.20 %
Factor Anillo: Carga [kg.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.0	112.9	15.0	91.7	13.0	83.2
1.3	53.0	253.1	34.0	172.4	26.0	138.4
1.9	120.0	537.8	59.0	278.6	39.0	193.6
2.5	220.0	962.73	99.0	448.58	58.0	274.37
3.2	334.0	1447.1	116.0	520.8	79.0	363.6
3.8	444.0	1914.5	147.0	652.5	105.0	474.1
5.08	539.0	2318.2	189.0	831.0	130.0	580.3
7.6	694.0	2976.8	276.0	1200.7	176.0	775.8
10.16	762.0	3265.8	347.0	1502.4	199.0	873.5
12.7	841.0	3601.4	403.0	1740.3	221.0	967.0
Carga [%]	962.73 kgf. [70.8%]		448.58 kgf. [33%]		274.37 kgf. [20.2%]	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

GRAFICOS CBR – EXPERIMENTAL 10%

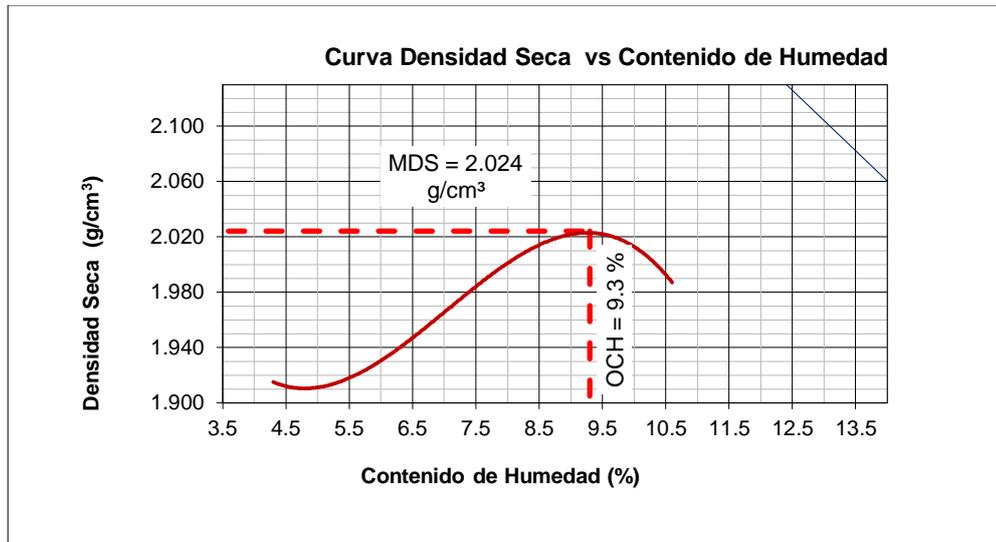


Figura 15. Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

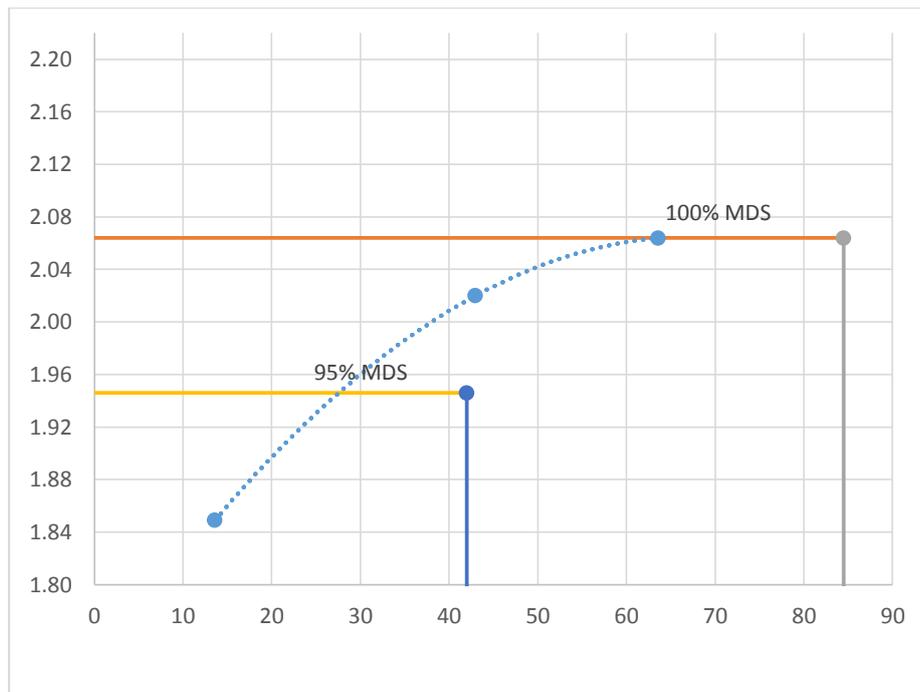


Figura 16. Curva de CBR a 2.5mm de Penetración. (Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP).

RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR – EXPERIMENTAL 10%

Tabla 25

Ensayo de CBR – Experimental 10%

CBR EXPERIMENTAL 10%	
	EXPERIMENTAL 10%
100% MDS	84.5
95% MDS	42.0

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

CBR EXPERIMENTAL 10%

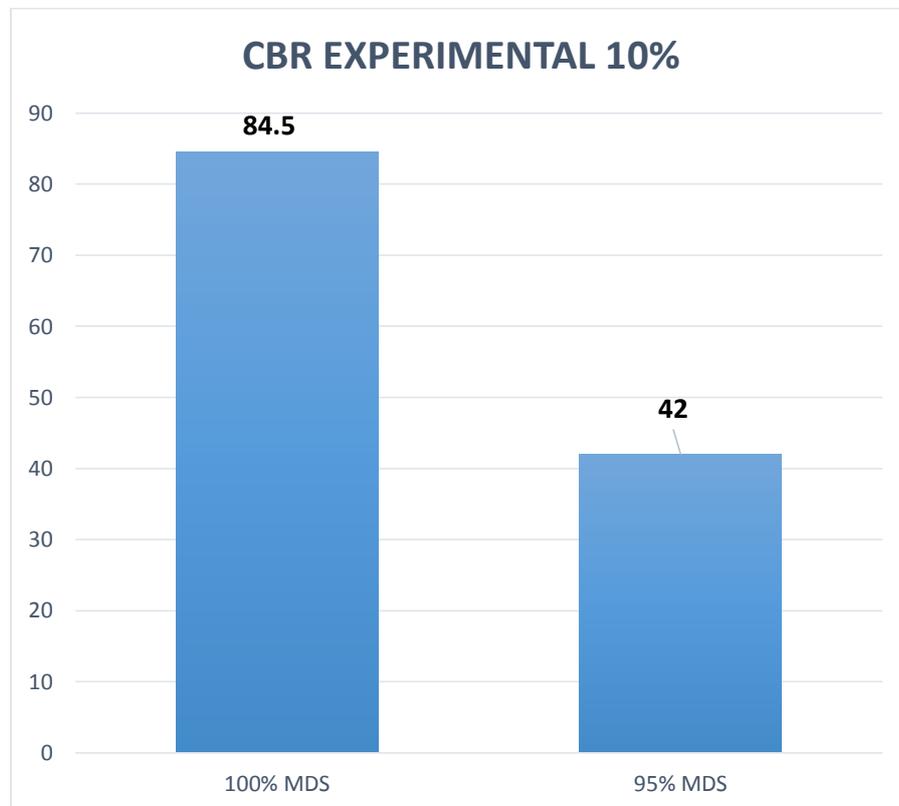


Figura 17. Análisis comparativo de CBR – Experimental 10% al 100% Y 95% MDS. (Elaboración propia.).

RESULTADO COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS DE PROCTOR MODIFICADO PATRON Y EXPERIMENTAL 10%

Tabla 26

Comparación de Proctor Modificado Patrón y Experimental 10%.

CONTENIDO OPTIMA DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MAXIMA		
	PATRON	EXPERIMENTAL 10%
CONTENIDO ÓPTIMA DE HUMEDAD (%)	8.0	9.3
DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³)	2.064	2.024

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

GRAFICO COMPARATIVO DEL PROCTOR MODIFICADO PATRON Y EXPERIMENTAL 10%.

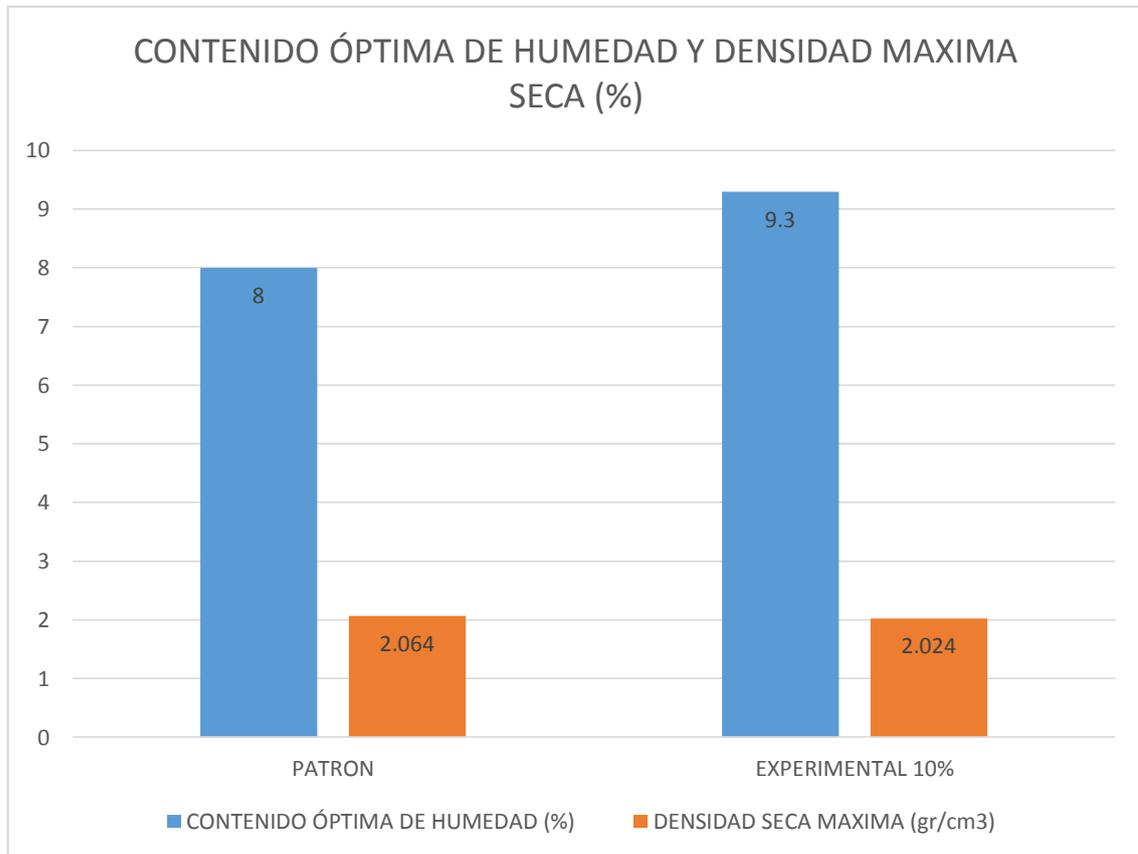


Figura 18. Análisis comparativo de Proctor Modificado Patrón y Experimental al 10%. (Elaboración propia.).

RESULTADO COMPARATIVO DE LOS ENSAYOS DE CBR PATRON Y EXPERIMENTAL 10%

Tabla 27
Comparación de CBR Patrón y Experimental 10%.

CBR PATRON Y EXPERIMENTAL 10%		
	PATRON	EXPERIMENTAL 10%
100 % MDS	40.4	84.5
95 % MDS	21.0	42.0

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos _USP.

GRAFICO COMPARATIVO DEL CBR PATRON Y EXPERIMENTAL 10%

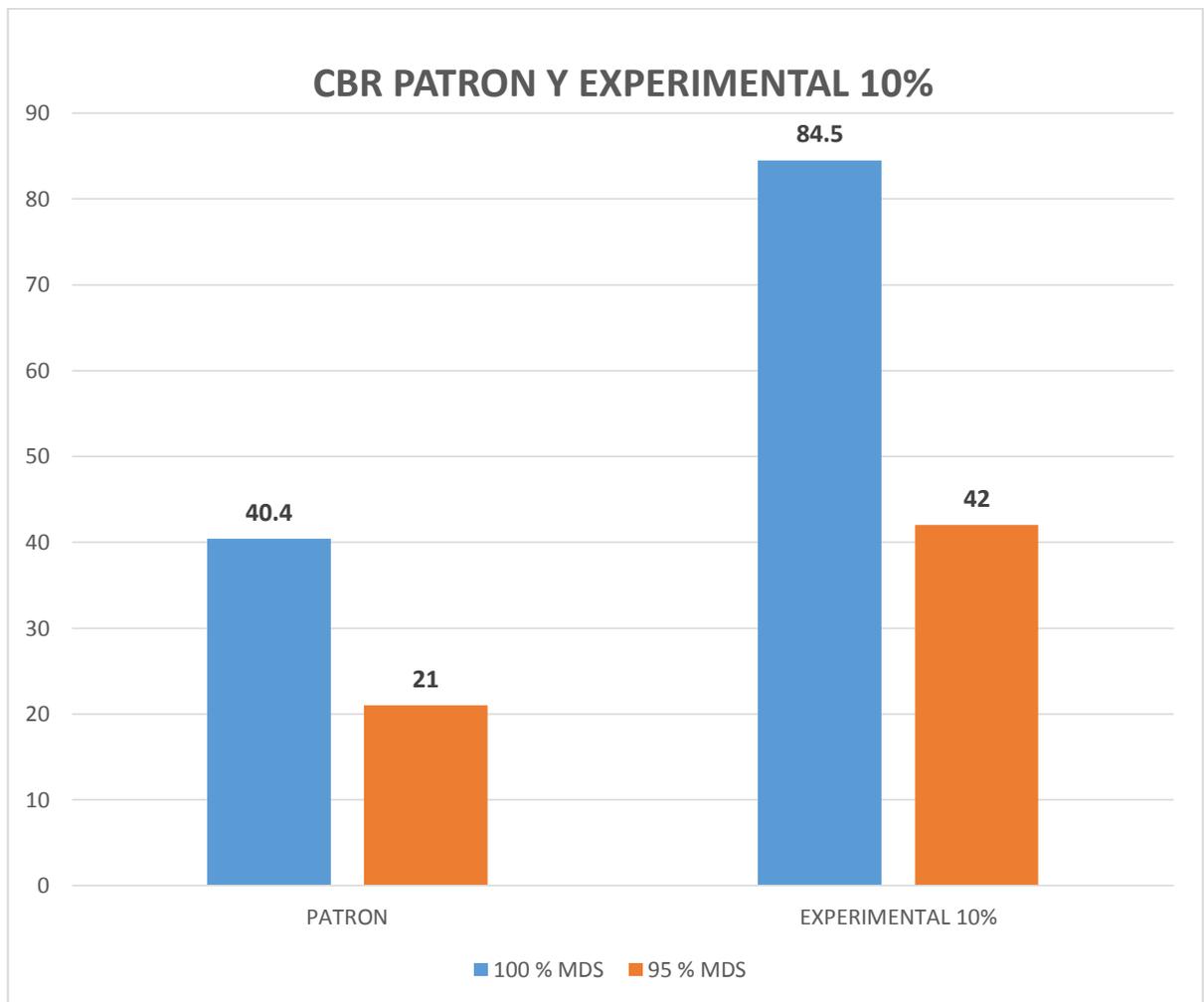


Figura 19. Análisis comparativo CBR Patrón y Experimental al 10%. (Elaboración propia).

ENSAYO DE ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

Tabla 28

Muestra de Ceniza de Hoja de Pino (1gm)

N° de Muestra	Código de Muestra	Cantidad de Muestra
1	CHP-11N	23.5 mg

Fuente: Laboratorio de Polímeros _UNT

RESULTADOS TGA Y DSC

Curva de Pérdida de Masa _TGA

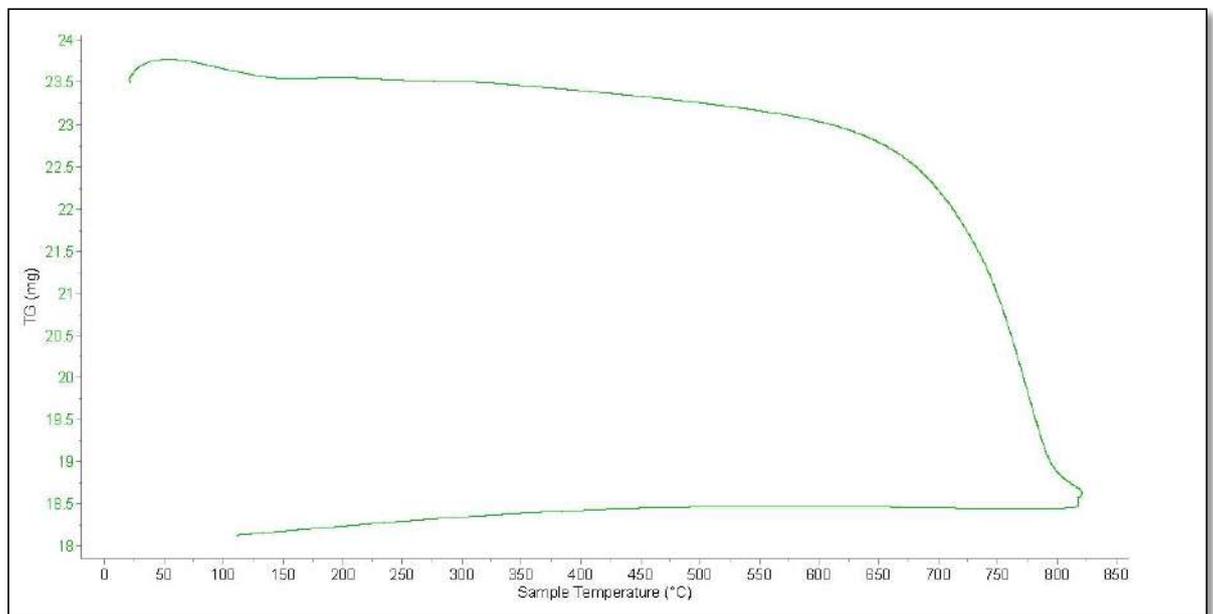


Figura 20. Curva de Pérdida de Masa – TGA. (Laboratorio de Polímeros _UNT).

- Según el análisis Termo Gravimétrico se percibe una estabilidad térmica generando una importante pérdida de masa recién a los 600C° y resultando en una pérdida de masa total de 23% cuando alcanza los 800C°.

Curva Calorimétrica – DSC

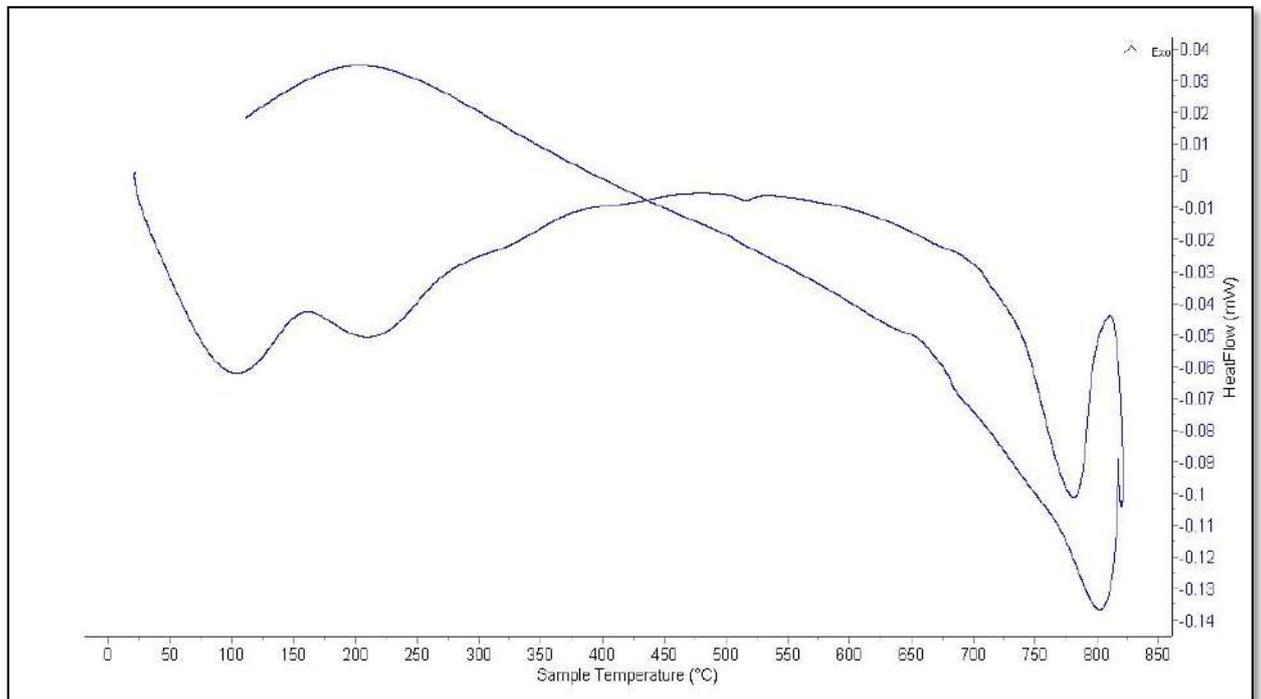


Figura 21. Curva Calorimétrica – DSC. (Laboratorio de Polímeros _UNT).

- De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un pico endotermico a aproximadamente entre 80 y 110°C y una región térmica entre 190 y 240 C°. Posteriormente la curva experimenta un pico endotérmico muy pronunciado a 780°C lo que indicaría un cambio de fase y cambio en sus propiedades.

ESPECTROMETRIA DE FLOURESENCIA DE RAYOS X

Tabla 29

Resultados obtenidos de la Espectrometría X (EFRX).

Composición química Elementos	Resultado Experimental %	Composición química Óxidos	Resultado Experimental %
Calcio, Ca	33.44	Dióxido de Silicio, SiO ₂	31.450
Cloruro, Cl-	15.956	Óxido de calcio, CaO	23.363
Magnesio, Mn	14.095	Óxido de magnesio, MgO	14.312
Silicio, Si	11.925	Oxido de Potasio, K ₂ O	11.348
Potasio, K	7.72	Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	10.230
Aluminio, Al	7.066	Trióxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	4.567
Hierro, Fe	5.267	Pentóxido de Fosforo, P ₂ O ₅	3.534
Azufre, S	2.504	Trióxido de azufre, SO ₃	0.365
Fosforo, P	0.849	Cloruro , Cl-	0.296
Titanio, Ti	0.45	Óxido de Estroncio, SrO	0.233
Manganeso, Mn	0.347	Oxido de Zinc , ZnO	0.158
Zinc, Zn	0.145	Óxido de Manganeso, MnO	0.076
Estroncio, Sr	0.119	Dióxido de Titanio , TiO ₂	0.040
Bromuro, Br	0.068	Bromuro, Br	0.022
Cobre, Cu	0.044	Oxido de Cobre, CuO	0.015
Total	100.00	Total	100

Fuente: Laboratorio N°12 - Labicer _UNI

- Estos ensayos fueron realizados en la Universidad Nacional de Ingeniería, en la facultad de Ciencias - laboratorio N°12 Labicer.
- Estos resultados obtenidos fueron de análisis cualitativo y cuantitativo el primero porque nos dan en elementos de la composición química que tiene este material y el segundo porque nos dan en porcentajes los resultados de dicho ensayo.

ENSAYO DE PH

Tabla 30

Resultados obtenidos de la prueba del PH

MUESTRA	PH
Ceniza de Hoja de Pino	11.53
Afirmado	8.59

Fuente: Laboratorio Físico -Químico _ COLECBI SAC.

- El valor de Ph oscila de 0 A 14, y el Ph = 7 es el que indica que el material tiene una reacción neutra. Los valores inferiores a 7 indican acidez y los superiores a 7 alcalinidad o basicidad. Mientras más distante este la medida del punto neutro, mayor será la acidez o la alcalinidad.
- Por lo tanto, nuestra muestra de Ceniza de Hoja de Pino tiene un valor de Ph = 11.53, lo cual concluimos que nuestro material es Alcalino o Básico igualmente para el afirmado tiene un valor de Ph=8.59 entonces estamos frente a un material alcalino pero de baja basicidad porque llega a la neutralidad de 7.

IV. ANALISIS Y DISCUSION

- Del Ensayo Granulométrico de afirmado natural expresado en la Tabla N°08 observamos que el mayor porcentaje de peso retenido parcial se encuentra pasando la malla N°200 con un porcentaje de 25.2% el cual tiene un diámetro de malla de 0.075mm y 0.005 mm respectivamente, al corroborar con la norma (ASTM D 422) el suelo se clasifica como un material limoso de baja plasticidad.

- En el (ATD) de la Ceniza de Hoja de Pino para definir el grado de temperatura de calcinación: Según el análisis Termo Gravimétrico expresado en el grafico N° 16 se percibe una primera importante pérdida de masa mínima entre 0° y 600°C, posteriormente a partir de 600° y 800° C se aprecia una considerable reducción de masa hasta la temperatura ensayada de 800°C. De acuerdo al análisis calorimétrico expresado en el grafico N°17, la curva muestra un pico endotermico a aproximadamente entre 80 y 110°C y una región térmica entre 190 y 240 C°. Posteriormente la curva experimenta un pico endotérmico muy pronunciado a 780°C lo que indicaría un cambio de fase y cambio en sus propiedades.

- De acuerdo al Análisis X(EFRX) de la Ceniza de Hoja de pino, se obtuvo una sumatoria de óxidos ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3 + \text{Fe}_2\text{O}_3$), un porcentaje de 46.24% comparando con la investigación de Reyes, J. (2018) que obtuvo 15.902%; lo cual nuestra investigación es superior y cercano a un material puzolánico de clase C según la norma ASTM C-618.

- Según al ensayo de Análisis X(EFRX) de la Ceniza de Hoja de pino se obtuvieron porcentajes de Dióxido de Silicio (SiO_2) en 31.45% ; Oxido de Calcio (CaO) en 23.36% y Oxido de Magnesio (MgO) en 14.31%, expresadas en la tabla N°27, debajo de lo que considera el cemento según NTP 334.082 , es necesario que la cantidad determinada mejora la resistencia de nuestro afirmado cuando la adicionamos ; la composición de Oxido de Calcio (CaO), ocurre de hacer el mezclado los iones de Calcio (Ca^{++}) se intercambian con las partículas de arcilla con el agua y otros iones, gracias al intercambio iónico, el suelo se modifica resultando: ganancia progresiva resistente e índice de CBR , durabilidad a largo tiempo en muy adversas condiciones , reducción de plasticidad , reducción de las características de expansión ,agrietamiento y por último se incrementa substancialmente la capacidad y soporte de carga del suelo .

- El Óxido de Silicio (SiO_2); es estabilizado mediante la adición de iones, reduciendo así el contenido de aluminio (Al) y hierro (Fe) convirtiéndose así en un regulador del pH del suelo. A través del mecanismo electrostático, "bloquea" el hierro, el aluminio y el manganeso elementos que causan acidez en el suelo, permitiendo la liberación de (Ca, P, K, Mo, Zo).

- El óxido de magnesio (MgO) también ayuda a mejorar la estabilización y resistencia del suelo, ya que es una excelente fuente de suelo ácido con problemas de magnesio. Su capacidad de neutralización ácida es mucho mayor que otros materiales, pero debido a que es un material poco soluble en agua, debe ser finamente molido para que sea un material neutralizante para la acidez del suelo, aunque el magnesio reacciona más lento que la fracción de calcio.

- Respecto al ensayo de (Ph) de la Ceniza de hoja de Pino obtuvimos 11.53 y del afirmado de la cantera tres piedras – Huarmey un (Ph) de 8.59 , expresados en la Tabla N° 28 ; los datos indicados de acuerdo a la escala de medida simplificada, son considerados alcalinos o básicos , lo que forma un material con buena actividad puzolana; comparando con la investigación de Reyes, J .(2018) , respecto a la ceniza de hoja de pino obtuvo un (Ph) de 11.10 , lo cual nuestra investigación tiene superior alcalinidad y mejor actividad pozolanica.

- De acuerdo a los ensayos de Limites de Atteberg del afirmado natural obtuvimos: Limite Liquido 28.50%, Limite Plástico 16.21% y Índice de plasticidad de 12.29%; expresados en la Tabla N°12, lo cual nos indica que el afirmado es arcilloso según la Norma SUCS Y AASHTO, todo suelo que su índice de plasticidad mayor a 5% es un material plástico es decir estamos frente a un suelo arcilloso.

- Según los ensayos de Limites de Atteberg experimental de 10% obtuvimos: Limite Liquido 23.10%, Limite Plástico 17.32% y Índice de Plasticidad de 5.78%; expresadas en la tabla N° 14, lo cual nos indica que el afirmado es limoso según la Norma SUCS y AASHTO; es decir el afirmado adicionando la ceniza de hoja de Pino reduce su índice de Plasticidad lo cual el afirmado se vuelve más resistente.

- Según los ensayos de CBR realizados en el laboratorio de suelos obtuvimos los resultados de la muestra patrón con una resistencia de 40.4% al 100% MDS y 21 % al 95% MDS; y los ensayos experimentales con el 10% obtuvimos una resistencia de 84.5% al 100% MDS y 42% al 95% MDS ; comparando los resultados con el ensayo experimental al 100% MDS supero un 44.10% respecto a la muestra patrón y al 95% MDS supero 21% respecto a la muestra patrón.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

- Según el ensayo (ATD) la Temperatura de calcinación es de 780 C°, lo que indica un cambio de fase y cambio en sus propiedades.

- Según al Ensayo X(EFRX) los componentes químicos en la sumatoria de Óxidos (SiO₂+Al₂O₃+Fe₂O₃): Dióxido de Silicio (SiO₂) en 31.45%, Trióxido de Aluminio (Al₂O₃) en 10.23%, y Trióxido de Hierro (Fe₂O₃) en 4.567% suman un total de 46.24%, según la Norma de ASTM C618 consideramos que se aproximan a la Clase C; por lo tanto los componentes que se consideran en este grupo presentan propiedades cementicias y puzolánicas lo cual permitirán tener una mejor Resistencia y Capacidad Portante del Suelo.

- Se obtuvo un Índice de plasticidad de 12.29% para el afirmado natural; y para el ensayo experimental de 10% un Índice de plasticidad de 5.78%; según **SUCS Y AASHTO** el afirmado natural es un suelo de franco arcilloso y para el afirmado experimental es un suelo limoso de poca arcilla.

- En consideración a los ensayos de CBR del afirmado natural – patrón, con una resistencia de 40.4% al 100% MDS y 21 % al 95% MDS; el afirmado es de clasificación buena, utilizable para Sub-Base según **SUCS Y AASHTO** y unificado en Carreteras.

- Respecto al ensayo experimental con el 10%, con una resistencia de 84.5% al 100% MDS y 42% al 95% de la MDS; el afirmado experimental es de clasificación excelente, aceptable para ser utilizado como Base según **SUCS Y AASHTO** y unificado en carreteras.

- Según el afirmado natural - patron con un CBR de 40.4% al 100% MDS , el afirmado es utilizable para base de pavimentos , (en aceras, veredas y pasajes peatonales) y respecto al ensayo experimental de 10% con un CBR de 84.5% al 100% MDS el material de afirmado es utilizable para base de pavimentos en Ciclovías según Norma **NTE CE. 010** de Pavimentos Urbanos.

RECOMENDACIONES

- De acuerdo al afirmado de la Cantera 3 piedras-Huarmey, habiéndose adicionado un 10% de Ceniza de Hoja de Pino en consideración a los resultados se determinó su uso exclusivamente para Base de Pavimentos y utilizable para base de pavimentos en Ciclo vías.
- Continuar investigando este material a diferentes C° de calcinación, tamaño de granos más pequeños y % superiores al 10% con la adición de Ceniza de Hoja de Pino en razón a los resultados obtenidos y reportados en este trabajo.
- El material tiene que ser selecto, preparado y triturado en condiciones limpias, libres de impurezas las cuales pueden perjudicar la capacidad de soporte.
- El material debe ser extraído y almacenado en recipientes que no tengan agentes contaminantes que puedan variar la composición química del material.
- En los trabajos de mayores porcentajes de adición de ceniza de hoja de pino determinar los parámetros de Ph del material solo y de la mezcla, así como también analizar el análisis químico de la mezcla.

VI.- REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Albújar, I., & Segura, M. (2006), UCV – Trujillo; En su artículo, Evaluación de la hoja de pino como posible fuente de material puzolánico.
- Bauza, D. (2003) Estabilización de suelos con cal (libro de investigación). Madrid, España.
- Calleja, J. (1968). Las Puzolanas. ION, 29-30 (1),340-351.
- Crespo, V.C. (2004). Mecánica de Suelos y Cimentaciones .CD México: México: Limusa, ISBN:968186491.
- Hernández et al. (2009). Centro Interdisciplinario de Investigación para el Desarrollo Integral Regional I.P.N – México. En su trabajo “ceniza de coco y hojas de pino para su uso como puzolana.
- Jara, R. (2014). Efecto de la cal como estabilizante de una sub rasante de suelo arcilloso (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Cajamarca- Perú.
- Jaramillo, D. (2010). Introducción a la mecánica de suelos.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2013). Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción (EG-2013). Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014). Manual de Carreteras de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos. Lima, Perú.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). Manual de Ensayo de Materiales. Lima, Perú.
- Morales, B. (2016) Resistencia al Corte de un suelo arcilloso a nivel de sub rasante sustituyendo 10 % por cenizas de Carbón mineral en el tramo Cabana – Huandoval (seminario de tesis). Universidad San Pedro, Ancash, Perú.
- Montejo, F.A. (2002). Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogotá, Colombia: Universidad Católica de Colombia.
ISBN:95-96036-2-9.
- Reyes, J. (2018). Resistencia de concreto con materiales de la zona y sustitución de cemento en 3% por cenizas de hojas de pino. (Tesis de Pregrado). USP, Chimbote, Perú.
- Valle, A. (2010). Estabilización de Suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yasíferos. (Tesis de Maestría en Caminos, Canales y Puertos). Universidad Politécnica de Madrid, Madrid, España.

VII.- AGRADECIMIENTO

A Dios, por haberme permitido llegar a cumplir esta meta, por la fortaleza, conocimiento y firmeza, para culminar la finalización de mis estudios universitarios.

A mi Esposa, Fiorella Vera Carrión, por todo su apoyo, comprensión y entusiasmo para culminar mi carrera.

A mis Hijos, Mathías Ali y Enzo Gael Tomás Vera, por todo su cariño y afecto que les tengo, por ser el motor y motivo para salir adelante.

A mi madre, Lucila Llamo Dávila, por todo su cariño, dedicación, apoyo y consejos que me ha brindado a lo largo de mi vida.

A mi padre, Walter Cesar Tomás Vásquez, quien ha forjado en mis los valores más sólidos, motivándome en cada paso que he dado para la culminación de mis estudios superiores.

A mis hermanos Bresnet, Abigail y Stalin Tomas Llamo, con quienes comparto los momentos más gratos de mi vida. Gracias por su compañía, apoyo y protección.

A mis amigos y demás familiares por el apoyo constante que me han brindado a lo largo de estos años.

A los ingenieros que me brindaron su apoyo durante la realización de mi proyecto de Tesis , Ing. Dante Salazar Sánchez , Ing. Rogelio Castañeda Gamboa, Ing. Segundo Urrutia Vargas , Ing. Robert Sigüenza , Ing. Miguel Solar Jara ,Ing. Montañez Reyes Jorge, Ing. Rubén López Carranza , Ing. Gumercindo Flores Reyes y los técnicos del laboratorio de suelos de la USP.

A las instituciones que me brindaron su ayuda en diferentes actividades realizadas como son: Laboratorio de Mecánica de Suelos de la USP, Laboratorio de ensayos químicos COLECBI S.A.C., Laboratorio de Química N°12 LABICER S.A. de la UNI y Laboratorio de Polímeros de la UNT.

VIII.- APENDICE Y ANEXOS

ANEXO I

Análisis Térmico Diferencial

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE ATD



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO
Departamento de Ingeniería de Materiales

FACULTAD DE INGENIERIA
Laboratorio de Polimeros

Trujillo, 05 de Agosto del 2018

INFORME N° 26 - AGO - 18

Solicitante: Tomas Llamo Sergeik-Universidad San Pedro - Chimbote

RUC/DNI:

Supervisor:

1. MUESTRA: Ceniza de hoja de pino (1 gr)

N° de Muestras	Código de Muestra	Cantidad de muestra ensayada	Procedencia
1	CHP-11N	23.5 mg

2. ENSAYOS A APLICAR

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

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- Analizador Térmico simultáneo TG DTA DSC Cap. Máx.: 1600°C SetSys Evolution, cumple con normas ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- Tasa de calentamiento: 20 °C/min
- Gas de Trabajo - Flujo: Nitrógeno, 10 ml/min
- Rango de Trabajo: 25 – 800 °C.
- Masa de muestra analizada: 23.5 mg.

Jefe de Laboratorio:

Ing. Danny Chávez Novoa

Analista responsable:

Ing. Danny Chávez Novoa



Tel: 04-2085100/049790880/068069003 dchavez@untrujillo.edu.pe / Av. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo

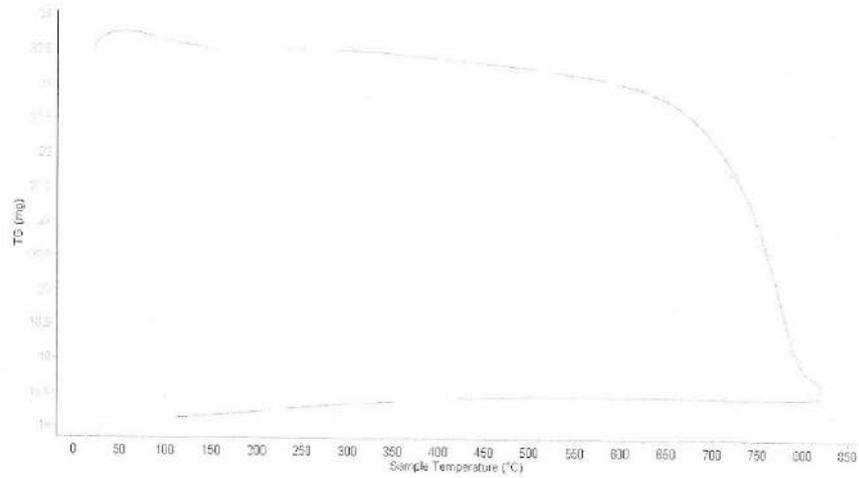


Trujillo, 05 de Agosto del 2018

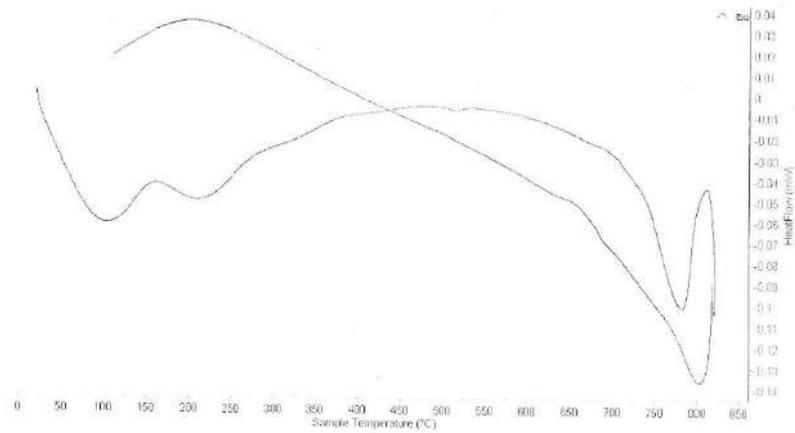
INFORME N° 26 - AGO - 18

4. Resultados:

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



II- Curva Calorimétrica DSC



Tel.: 44-20351094979083066809003 / Ay. Juan Pablo II s/n - Ciudad Universitaria / Trujillo - Perú



Trujillo , 05 de Agosto del 2018

INFORME N° 26 - AGO - 18

5. CONCLUSION:

1. Según el análisis Termo gravimétrico se percibe una estabilidad térmica generando una importante pérdida de masa recién a los 600°C y resultando en una pérdida de masa total de 23 % cuando alcanza los 800°C.
2. De acuerdo al análisis calorimétrico, la curva muestra un (1) pico endotérmico a aproximadamente entre 80 y110°C y una (1) región térmica entre 190 y 240°C. Posteriormente la curva experimenta un pico endotérmico muy pronunciado a 780°C lo que indicaría un cambio de fase y cambio en sus propiedades..

Trujillo 05 de Agosto del 2018



Ing. Jhany Mesías Chávez Novoa
Directore de Laboratorio de Polímeros
Departamento Ingeniería de Materiales - UNT

ANEXO II

Composición química

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE FLOURESENCIA DE RAYOS X



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



INFORME TÉCNICO N° 1780 – 16 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : SERGEIK CARLOS TOMAS LLAMO
 - 1.2 D.N.I : 72797146
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 15/08/2018
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 15/08/2018
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 15/08/2018
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE HOJA DE PINO AUSTRALIANO
 - 4.2 TESIS : "MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA TRES PIEDRAS - HUARMAY ADICIONANDO CENIZA DE HOJA DE PINO PARA FINES DE PAVIMENTACION"
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.1 °C; Humedad relativa: 63%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS
 - 8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Dioxido de Silicio, SiO ₂	31.450	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Óxido de Calcio, CaO	23.363	
Óxido de Magnesio, MgO	14.312	
Óxido de Potasio, K ₂ O	11.348	
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	10.230	
Trióxido de Hierro, Fe ₂ O ₃	4.567	
Pentóxido de Fósforo, P ₂ O ₅	3.534	
Trióxido de Azufre, SO ₃	0.365	
Cloruro, Cl	0.296	
Óxido de Estroncio, SrO	0.233	
Óxido de Zinc, ZnO	0.158	
Óxido de Manganeseo, MnO	0.076	
Dioxido de Titanio, TiO ₂	0.040	
Bromuro, Br	0.022	
Óxido de Cobre, CuO	0.015	

*El porcentaje de error del equipo es de ±0.02

8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Calcio, Ca	33.444	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Cloruro, Cl ⁻	15.956	
Magnesio, Mg	14.095	
Silicio, Si	11.925	
Potasio, K	7.720	
Aluminio, Al	7.066	
Hierro, Fe	5.267	
Azufre, S	2.504	
Fósforo, P	0.849	
Titanio, Ti	0.450	
Manganeso, Mn	0.347	
Zinc, Zn	0.145	
Estroncio, Sr	0.119	
Bromuro, Br ⁻	0.068	
Cobre, Cu	0.044	

* El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$

9. VALIDEZ DEL INFORME TÉCNICO

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

Quim. Natalia K. Chávez LI.
Analista Químico
LABICER – UNI



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

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

ANEXO



Figura 1. Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X

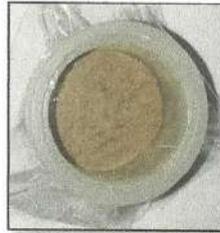


Figura 2. Fotografía de la Muestra de ceniza de hoja de pino



Figura 3. Muestra colocada en el Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X



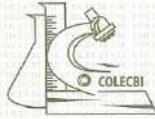
Figura 4. Muestra observada desde la cámara interna del Equipo de Fluorescencia de Rayos X



ANEXO III

PH DE LOS MATERIALES

INFORME TECNICO DE PH DE LA CENIZA DE HOJA DE PINO



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS
CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 3656-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS.
DIRECCIÓN : Dos de Mayo Jr. San Martín 213 Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO : ABAJO INDICADOS
CANTIDAD DE MUESTRA : 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno.
FECHA DE RECEPCIÓN : 2018-08-20
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2018-08-20
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO : 2018-08-20
CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN : Laboratorio de Físico Químico.
CÓDIGO COLECBI : SS 002033-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
Ceniza de Hoja de Pino	pH 11.53

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, 20 de Agosto del 2018

DVY/jms

Denis M. Vargas Yepéz
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME
SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

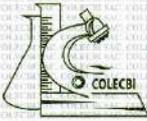
Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Telefax: 043-310752

Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127

e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe

Web: www.colecbi.com

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE PH DEL AFIRMADO



CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES "COLECBI" S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO PESQUERO - PRODUCE

INFORME DE ENSAYO N° 4205-16

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR: TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS.
DIRECCIÓN: Jr. San Martín N° 213 Dos de Mayo Chimbote.
PRODUCTO DECLARADO: AFIRMADO.
CANTIDAD DE MUESTRA: 01 muestra
PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA: En bolsa de polietileno cerrada.
FECHA DE RECEPCIÓN: 2018-08-20
FECHA DE INICIO DEL ENSAYO: 2018-08-20
FECHA DE TERMINO DEL ENSAYO: 2018-08-20
CONDICIÓN DE LA MUESTRA: En buen estado.
ENSAYOS REALIZADOS EN: Laboratorio de Físico Químico
CÓDIGO COLECBI: SS 002310-16

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYOS
Cantera Tres Piedras - Huarmey	pH 8,59

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados realizados por COLECBI S.A.C.
- Los resultados presentados corresponden sólo a la muestra ensayada.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce

Fecha de Emisión : Nuevo Chimbote, 20 de Agosto del 2018.
D.V.Y/jms

Denis M. Vargas Yapez
Jefe de Laboratorio
Físico Químico
COLECBI S.A.C.

LC-MP-HRIE
Rev. 04
Fecha 2015-11-30

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL DE ESTE INFORME SIN LA AUTORIZACIÓN ESCRITA DE COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 - I Etapa - Nuevo Chimbote - - Telefax: 043-310752
Nextel: 839*2893 - RPM # 902995 - Apartado 127
e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
Web: www.colecbi.com

ANEXO IV

RESULTADOS Y ENSAYOS

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE GRANULOMETRIA



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM D422)

SOLICITA: TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS
 PROYECTO: ADICION DE CENIZA DE HOJA DE PINO AUSTRALIANO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE EN AFIRMADOS PARA BASE DE CARRETERA EN LA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 UBICACION: CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH
 FECHA: 29/09/2018

Peso Seco Inicial	1200	gr.
Peso Seco Lavado	898.0	gr.
Peso perdido por lavado	302.0	gr.

CALICATA	: C - 1
ESTRATO	: M - 1
PROF. (m)	: 0.00 a 1.50

Tamiz(Apertura) N° (mm)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificació AAHSTO
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	212.0	17.7	82.3	
3/4"	19.00	77.0	6.4	75.9	
1/2"	12.50	134.5	11.2	64.7	
3/8"	9.50	54.0	4.5	60.2	Suelo de partículas gruesas: Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio) Grava limosa GM
1/4"	6.30	147.0	12.3	48.0	
N° 4	4.75	64.0	5.3	42.6	
N° 10	2.00	66.0	5.5	37.1	
N° 20	0.850	53.5	4.5	32.7	
N° 30	0.600	20.5	1.7	89.0	
N° 40	0.425	18.0	1.5	70.5	
N° 60	0.250	24.0	2.0	72.5	
N° 100	0.150	16.5	1.4	73.9	
N° 200	0.075	11.0	0.9	74.8	
< 200	302.0	25.2	100.0	0.0	
Total	1200.0			100.0	

Valor del índice de grupo (IG) : 0

Clasificación (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas: Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio)
Grava limosa GM

Pasa tamiz N° 4 (%) : 37.1

Pasa tamiz N° 200 (%) : 25.2

D60 (mm) : 9.47

D30 (mm) : 0.481

D10 (mm) :

Cu

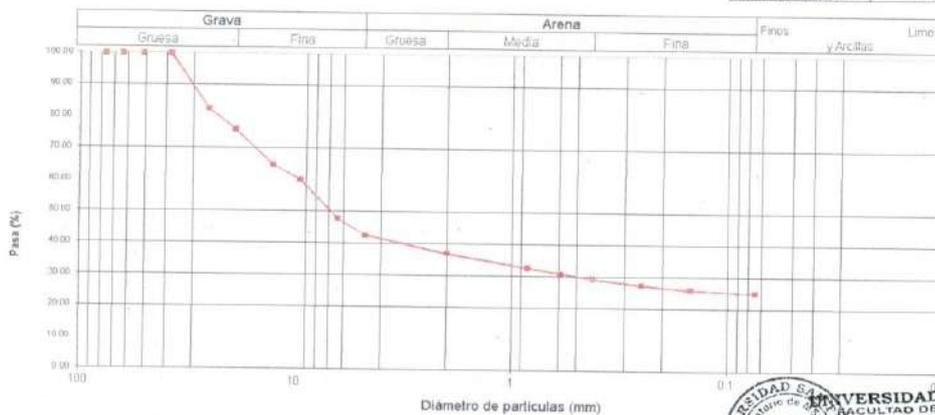
Cc

Límite líquido LL : 28.5

Límite plástico LP : 16.1

Índice plasticidad IP : 12.29

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE LIMITE LÍQUIDO Y PLASTICO



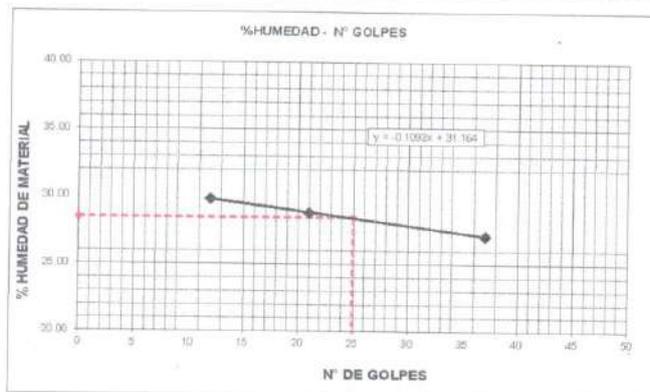
**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO (MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS
PROYECTO ADICION DE CENIZA DE HOJA DE PINO AUSTRALIANO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE EN AFIRMADOS PARA BASE DE CARRETERA EN LA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
UBICACIÓN CHIMBOTE - PROV. DEL SANTA - ANCASH
MUESTRA AFIRMADO
FECHA 29/08/2018

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	53.30	49.20	45.00	18.00	21.46	24.63
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	45.30	42.30	38.60	17.60	21.00	24.12
PESO DE LA TARA (gr.)	18.50	18.40	15.00	14.90	18.30	21.08
PESO DEL AGUA (gr.)	8.00	6.90	6.40	0.40	0.46	0.51
PESO SUELO SECO (gr.)	26.80	23.90	23.60	2.70	2.70	3.04
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	29.85	28.87	27.12	14.81	17.04	16.78
Nro. DE GOLPES	12	21	37	16.21		



LIMITE LIQUIDO (MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 28.50
LIMITE PLASTICO (MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 16.21
INDICE DE PLASTICIDAD ASTM D-438	
IP :	% 12.29

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Cel. 990579937
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

INFORME DEL ENSAYO DEL PROCTOR MODIFICADO – PATRON



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

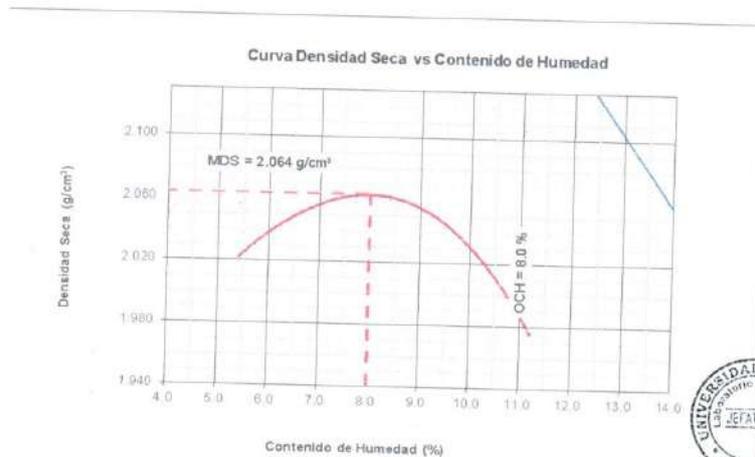
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS
 TESIS ADICION DE CENIZA DE HOJA DE PINO AUSTRALIANO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE EN AFIRMADOS PARA BASE DE CARRETERA EN LA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 CANTERA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 MATERIAL AFIRMADO PATRON
 FECHA 29/08/2018

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7538	7718	7780	7690
02 - Peso del Molde (g)	2690.0	2690.0	2690.0	2690.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4848.0	5028.0	5090.0	5000.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2275.0	2275.0	2275.0	2275.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.131	2.210	2.237	2.198
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	402.0	438.0	466.0	462.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	392.0	422.0	446.0	422.0
09 - Peso del agua (g)	10.0	16.0	20.0	40.0
10 - Peso del tarro (g)	208.0	202.5	240.0	65.2
11 - Peso suelo seco (g)	184.0	219.5	206.0	356.8
12 - Contenido de Humedad (%)	5.4	7.3	9.7	11.2
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.022	2.060	2.040	1.976

Contenido Optimo Humedad **8.0 %** Densidad Seca Maxima, **2.064 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. Jorge Montañez Reyes
 JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria – Urb. Los Pinos Mz. B s/n – Chimbote
 Cel. 990579937

Email: imsyem@usanpedro.edu.pe

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE CBR – PATRON



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

RELACION DE SOPORTE - CBR NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS
 TESIS ADICION DE CENIZA DE HOJA DE PINO AUSTRALIANO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE EN AFIRMADOS PARA BASE DE CARRETERA EN LA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 MATERIAL AFIRMADO
 FECHA 29/08/2018

Características						
Numero de Molde		1	2	3		
Numero de Capas		5	5	5		
Numero de Golpe		56	25	12		
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³		27.7	12.2	6.1		
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)		9,360.0	9,097.0	8,590.0		
02 - Peso del molde (g)		4,432.0	4,577.0	4,572.0		
03 - Peso suelo humedo (g)		4,928.0	4,520.0	4,018.0		
04 - Volumen de molde, cm ³		2,210.000	2,141.000	2,012.000		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)		2.230	2.111	1.997		
06 - Tarro N°		0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)		226.3	228.0	230.0		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)		216.0	217.6	219.3		
09 - Peso del agua (g)		10.3	10.4	10.7		
10 - Peso del tarro (g)		88.0	88.0	86.0		
11 - Peso suelo seco (g)		128.0	129.6	133.3		
12 - Contenido de humedad (%)		8.0	8.0	8.0		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)		2.064	1.954	1.849		
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.10	0.11	0.08	
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.15	0.15	0.13	
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.19	0.20	0.17	
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.20	0.23	0.24	
Expansión, %			4.4	5.0	5.3	
Absorción						
Numero de molde		1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)		4,928.0	4,520.0	4,018.0		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)		9,519.6	9,272.7	8,768.5		
03 - Peso del molde (g)		4,432.0	4,577.0	4,572.0		
04 - Peso suelo embebido (g)		5,087.6	4,695.7	4,196.5		
05 - Peso del agua absorvida (g)		159.6	175.7	178.5		
06 - Peso del suelo seco (g)		4,561.0	4,184.2	3,719.4		
07 - Absorción de agua (%)		3.5	4.2	4.8		
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	8.0	81.9	5.0	49.2	4.0	44.9
1.3	32.0	183.9	21.0	117.2	13.0	83.2
1.9	56.0	265.9	38.0	180.9	23.0	125.7
2.5	87.0	397.59	55.0	261.62	37.0	185.14
3.2	188.0	741.8	88.0	401.8	49.0	231.9
3.8	208.0	911.7	110.0	495.3	64.0	289.9
5.08	255.0	1111.4	150.0	665.3	89.0	406.1
7.6	400.0	1727.6	221.0	967.0	110.0	529.3
10.16	526.0	2283.0	290.0	1260.2	132.0	588.8
12.7	630.0	2704.9	340.0	1472.6	153.0	678.0
Carga [%]	397.59 kgf. [29.2%]		261.62 kgf. [19.2%]		185.14 kgf. [13.6%]	



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Cel. 990579937
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE CBR – PATRON

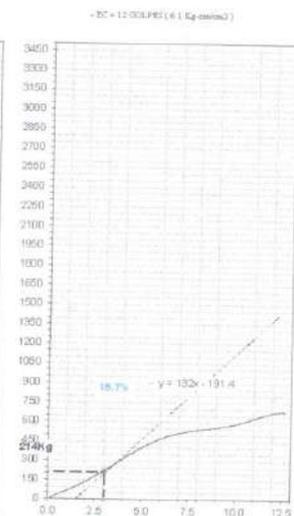
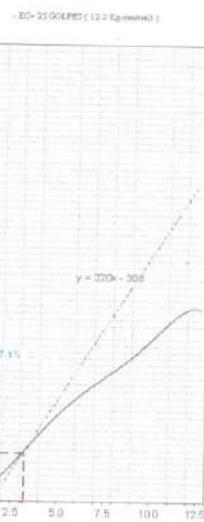
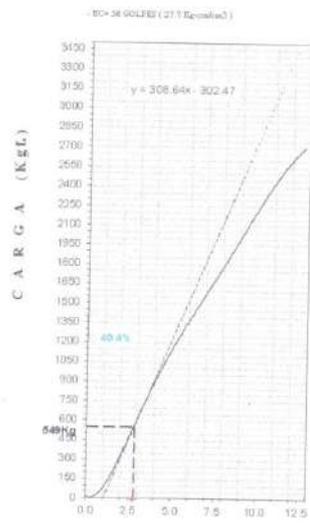
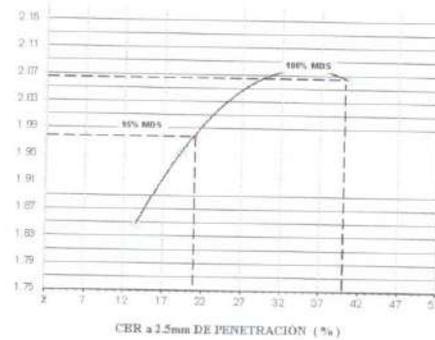
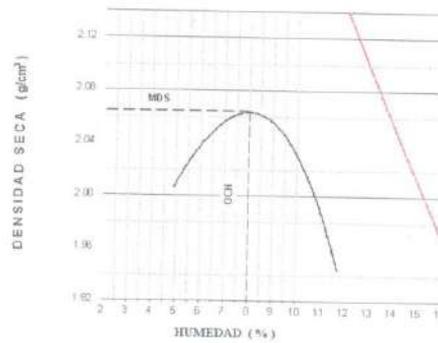


**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA	SERRER CARLOS TOMAS LLAMO	METODO DE CONTRACTACION	(ASTM D-1557)	C			
TEJIDO	ADICION DE CENIZA DE HOJA DE YERVO AUSTRALIANO	MÁXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm ³)	2.054			
	PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE EN AFIRMADOS	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.0			
	PARA BASE DE CARRETERA EN LA CANTERA 3 PUEBLOS	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)		40.4			
MATERIAL		CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)		31.0			
CANTERA	3 PUEBLOS - HUARMEY	ABSORCIÓN	3.5 %	EMBEBIDO	4.943	EXPANSIÓN	4.4 %
	FECHA	29-Ago-2018		HUMEDAD DE PENETRACION			11.5 %



PENETRACION (mm)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B/s/n - Ghimbote
Cel. 990579937

Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DEL PROCTOR MODIFICADO – EXPERIMENTAL 10%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

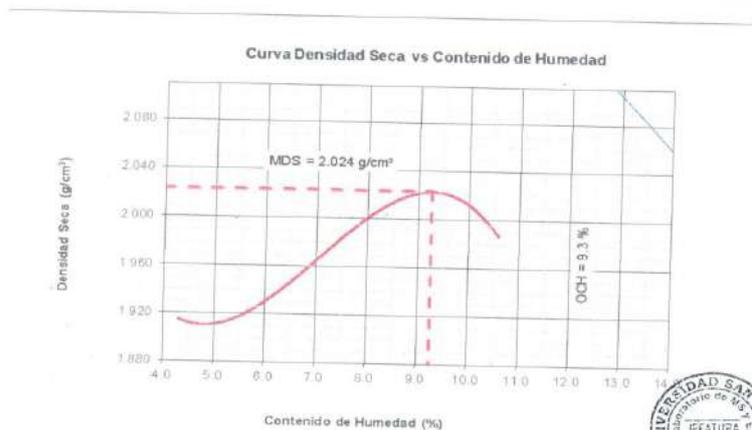
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA TOMAS LLAMO SERGEIK CARLOS
 TESIS ADICION DE CENIZA DE HOJA DE PINO AUSTRALIANO PARA MEJORAR LA CAPACIDAD DE SOPORTE EN AFIRMADOS PARA BASE DE CARRETERA EN LA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 CANTERA CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY
 MATERIAL AFIRMADO EXPERIMENTAL
 FECHA 29/08/2018

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes			
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7234	7448	7680	7890	
02 - Peso del Molde (g)	2690.0	2690.0	2690.0	2690.0	
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4544.0	4758.0	4990.0	5000.0	
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2275.0	2275.0	2275.0	2275.0	
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.997	2.091	2.193	2.198	
06 - Tarro N°	01	02	03	04	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	400.0	438.0	466.0	462.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	392.0	423.0	448.0	424.0	
09 - Peso del agua (g)	8.0	15.0	18.0	38.0	
10 - Peso del tarro (g)	208.0	202.5	240.0	65.2	
11 - Peso suelo seco (g)	184.0	220.5	208.0	358.8	
12 - Contenido de Humedad (%)	4.3	6.8	8.7	10.6	
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.915	1.958	2.018	1.987	

Contenido Optimo Humedad **9.3 %** Densidad Seca Maxima, **2.024 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Laboratorio de Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Jose Montañez Reyes
 Ing. Jose Montañez Reyes
 JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Cel. 990579937
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE CBR – EXPERIMENTAL 10%



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : CONSORCIO PUENTES REGIONALES
 TESIS : MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL AFIRMADO DE LA CANTERA 3 PIEDRAS
 HUARMEY ADICIONANDO CENIZAS DE HOJA DE PINO PARA FINES DE PAVIMENTACION
 MATERIAL: AFIRMADO - CANTERA 3 PIEDRAS - HUARMEY.
 FECHA : 29/10/2018

Características						
Numero de Molde	1		2		3	
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm/cm ²]	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,529.0		9,109.0		9,000.0	
02 - Peso del molde (g)	4,523.0		4,504.0		3,973.0	
03 - Peso suelo humedo (g)	5,006.0		4,605.0		5,027.0	
04 - Volumen de molde, cm ³	2,283.000		2,180.000		2,512.000	
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.212		2.112		2.001	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	600.0		600.0		600.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	556.5		554.3		554.3	
09 - Peso del agua (g)	43.5		45.7		45.7	
10 - Peso del tarro (g)	88.6		85.4		84.7	
11 - Peso suelo seco (g)	467.9		488.9		489.6	
12 - Contenido de humedad (%)	9.3		9.3		9.3	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.024		1.832		1.830	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.05	0.03	0.02	
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.05	0.05	0.06	
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.08	0.06	0.08	
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.12	0.18	0.29	
Expansión, %			2.8	3.9	6.3	
Absorción						
Numero de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo humedo antes (g)	5,006.0		4,605.0		5,027.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,634.3		9,235.3		9,137.9	
03 - Peso del molde (g)	4,523.0		4,504.0		3,973.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	5,111.3		4,731.3		5,164.9	
05 - Peso del agua absorbida (g)	105.3		126.3		137.9	
06 - Peso del suelo seco (g)	4,580.2		4,211.3		4,587.8	
07 - Absorción de agua (%)	2.3		3.0		3.0	
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.0	112.9	15.0	91.7	13.0	83.2
1.3	53.0	253.1	34.0	172.4	28.0	138.4
1.9	120.0	537.8	59.0	278.6	39.0	193.6
2.5	220.0	962.73	89.0	448.58	58.0	274.37
3.2	334.0	1447.1	116.0	520.8	79.0	363.6
3.8	444.0	1914.5	147.0	652.5	105.0	474.1
5.08	539.0	2318.2	180.0	831.0	130.0	580.3
7.6	894.0	2976.8	276.0	1200.7	176.0	775.8
10.16	762.0	3265.8	347.0	1502.4	199.0	873.5
12.7	841.0	3601.4	403.0	1740.3	221.0	967.0
Carga [%]	962.73 kgf. [70.8%]		448.58 kgf. [33%]		274.37 kgf. [20.2%]	



www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 483212 - Celular: 990562762
 Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

INFORME TECNICO DEL ENSAYO DE CBR – EXPERIMENTAL 10%



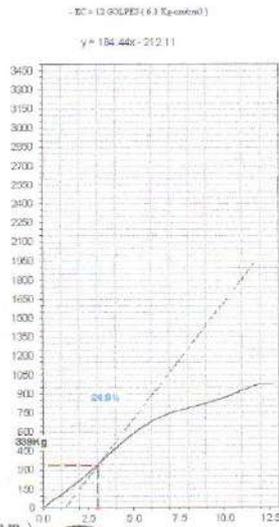
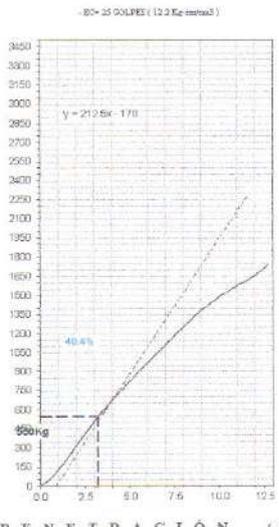
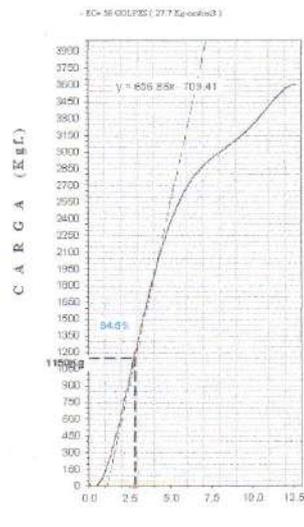
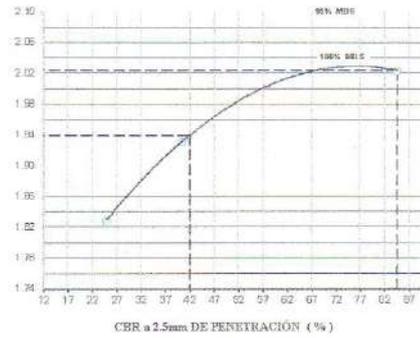
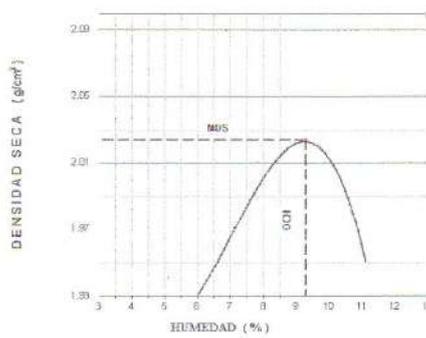
**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**

**PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL**

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES**

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA: TOMAS LLANO SERIOEK CARLOS	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	C
TEJES: MEJORAMIENTO DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL APRIMADO	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.024
DE LA CANTERA 3 PIEDRAS HUARNEY AÑONADO CENIZAS DE HOJA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.3
DE PINO PARA FINES DE PAVIMENTACIÓN	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	84.5
MATERIAL: APRIMADO - CANTERA 3 PIEDRAS - HUARNEY	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	42.0
FECHA: 29-05-2019	ABSORCIÓN: 2.3 %	EMBEBIDO: 1845
		EXPANSIÓN: 2.6 %
		HUMEDAD DE PENETRACIÓN: 11.6 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Ing. Jorge Montañez Reyes
JEFE

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
Email: lmsyem@usanpedro.edu.pe

ANEXO V

Panel fotográfico

RECOPIACIÓN DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA 3
PIEDRAS - HUARMEY



Figura 22: Obtención del afirmado de la cantera 3 piedras - Huarmey



Figura 23. Se muestra el afirmado de la cantera 3 piedras - Huarmey



Figura 24 – 25. Lavado y secado de las hojas de pino



Figura 26. Secado al aire libre de las hojas de pino.



Figura 27- 28. Secado de la hoja de pino para su respectivo quemado



Figura 29 - 30. Realizando el pre quemado de la hoja de pino

ENSAYO DE ATD - UNT



Figura 31. Llevando la muestra de 1gr de Ceniza en la maquina Térmico Diferencial.



Figura 32. Con el Ing. Dani Chávez jefe de Laboratorio de Polímeros y a la vez Director de Escuela de Ingeniería de Materiales calculando los datos del ensayo ATD.

CALCINACION DE LA CENIZA DE HOJA DE PINO



Figura 33-34. Calcificación en la mufla de la Ceniza de Hoja de Pino pre quemada a una temperatura de 780°



Figura 35-36. Realizando la calcificación de la ceniza de hoja de pino a una temperatura de 780° según el ensayo de ATD.

ENSAYO DE FLOURESENCIA DE RAYOS X - UNI



Figura 37. Ensayo de Fluorescencia de Rayos X en la puerta de entrada del Laboratorio de Labicer – Ing. Química – UNI.



Figura 38. Ensayo de Fluorescencia de Rayos X en el Laboratorio de Labicer – Ing. Química – UNI.

ENSAYO DE ABRASION



Figura 39. Trabajando el Ensayo de Abrasión con el Ing. Sigüenza.



Figura 40. Realizando el Ensayo de Abrasión: 12 esferas para dicho ensayo

ENSAYO DE LIMITE PLASTICO



Figura 41. Realizando el Ensayo de Limite Plástico con el contenido de agua.



Figura 42. Obteniendo el peso Húmedo de la muestra.

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO - PATRON



Figura 43- 44. Cuarteo y separación del afirmado en 5 capas para cada Compactación con el pison con 27 golpes



Figura 45. Realizando el ensayo de Proctor Modificado con el Supervisor el Ing. Segundo Urrutia Vargas.



Figura 46. Equipos para realizar el ensayo de CBR.



Figura 47. Papel filtro para cada punto.



Figura 48. Compactando el primer punto de 12 golpes con el Pistón a lado del supervisor Ing.solar jara miguel.



Figura 49. Compactando el segundo punto de 26 golpes con el Pistón a lado del supervisor Tec.Johan Villena

ENSAYO DE PENETRACION CBR – PATRON



Figura 40. Curando las probetas patron sumergidos en agua por 96 horas para dicho ensayo a la penetración,



Figura 41. Secado de las probetas al aire libre para luego ensayarlos en el equipo de CBR.



Figura 42. Pesado de las probetas después del secado antes de ser ensayados .



Figura 43. Ensayo de CBR Patrón con su respectivo molde espaciador.



Figura 44. Realizando el ensayo de CBR-Patrón para cada punto y cada penetración a lado del Ing. Miguel Solar Jara.



Figura 45. Ensayando las lecturas con el equipo CBR a lado del ing. miguel solar jara



Figura 46. Realizando el ensayo de CBR-Patrón para cada punto y cada penetración a lado del técnico de laboratorio de suelos Johan Villena.



Figura 47. Realizando el ensayo de CBR-Patrón para cada punto y cada penetración a lado del Técnico Johan Villena.



Figura 48-49. Afirmado de cada punto y pesado de 600gr la ceniza de hoja de pino para dicho ensayo de Proctor Modificado.



Figura 50-51. Vaciando la ceniza de hoja de pino calcinada pasada por la malla 200 para el ensayo de Proctor Modificado.

ENSAYO DE CBR – EXPERIMENTAL 10%



Figura 52. Pesando la Ceniza de Hoja de Pino pre quemada para luego ser calcinada.



Figura 53. Pesando la Ceniza de Hoja de Pino calcinada para luego ser adicionada con el afirmado para dicho Ensayo Experimental 10%.



Figura 54. Adición de la ceniza de hoja de pino calcinada para dicho Ensayo de CBR – Experimental 10%.



Figura 55. Afirmado natural adicionado 10% de Ceniza de Hoja de Pino para dicho Ensayo de CBR.



Figura 56. Ensayo de CBR – Experimental 10 %, con el Pistón realizamos la primera capa que es de 12 golpes según reglamento.



Figura 57. Pesado del molde para el cálculo de CBR – Experimental 10%.



Figura 58. Secado de los moldes antes de ser llevados al Ensayo de Penetración.



Figura 59. Realizando el Ensayo de Penetración para cada punto.



Figura 60. Realizando el Ensayo de Penetración para cada punto.



Figura 61. Realizando el curado de las probetas de cada punto para luego ser analizados.