



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

**Mejoramiento de la Capacidad Portante del suelo adicionando
5% y 10% de escoria de acero, C.P “Cambio Puente”
Chimbote- Ancash-2021**

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

AUTORA:

Llanos Guimaray Lizinka Xiomara (ORCID: 0000-0003-0220-4392)

ASESOR :

Mgtr. Pedro Emilio Monja (ORCID: 0000-0002-4275-763X)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN :

Diseño Infraestructura vial

CHIMBOTE-PERÚ

2021

DEDICATORIA

Dedico la presente tesis a mi madre Yojana Llanos G. y a mis abuelos María Guimaray Ch. y Raúl Llanos A. por su apoyo, amor, comprensión y perseverancia que ha sido mi fuente de inspiración, mi motor y motivo para ser mejor día a día, guiando mis pasos en todo momento.

AGRADECIMIENTO

Gracias infinitamente a Dios, a mis docentes que me ayudaron en mi formación académica y contribuyeron como personas con gran sabiduría, esfuerzo y dedicación fortaleciendo mis conocimientos; en especial a mi madre, mis abuelos y tíos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	ii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	iv
RESUMEN	vii
ABSTRACT	viii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. MARCO TEÓRICO	3
III. METODOLOGÍA	9
3.1. Tipo y diseño de investigación	9
3.2. Variables y operacionalización Variables (Anexo N°1)	10
3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis	10
Población	10
Criterios de inclusión:	10
Criterios de Exclusión:	10
Muestra:	10
Muestreo:	11
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos	11
Técnicas	11
Instrumentos	12
Validez	12
Confiabilidad	12
3.5. Procedimiento	12
3.6. Método de análisis de datos	13
3.7. Aspectos Éticos	13
IV. RESULTADOS	15
V. DISCUSIÓN	28
VI. CONCLUSIONES	32
VII. RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS	34
ANEXOS	

ÍNDICE DE TABLAS:

Tabla 1: Categorías de la Subrasante.....	7
Tabla 2: Propiedades físicas de los áridos procedentes de la escoria de acero.....	7
Tabla 3: Composición química de los áridos procedentes de la escoria de acero.	8
Tabla 4: Composición elemental de la escoria negra en % de masa.....	15
Tabla 5: Cuadro Resumen del Análisis Granulométrico de la calicata N°1, N°2 y N°3.....	16
Tabla 6: Resultados del Proctor Modificado Patrón de la Calicata N°01, comparado.....	18
Tabla 7: Resultados del Proctor Modificado Patrón de la Calicata N°02, comparado con los experimentales.....	20
Tabla 8: Resultados del Proctor Modificado Patrón de la Calicata N°03, comparado con los experimentales.....	22
Tabla 9: Capacidad de Soporte a 2.5mm de penetración de calicata N°01.....	24
Tabla 10: Capacidad de Soporte a 2.5mm de penetración de calicata N°02.	24
Tabla 11: Capacidad de Soporte a 2.5mm de penetración de calicata N°03.	25
Tabla 12: (100%) según adición de escoria de acero (5% y 10%).....	25
Tabla 13: Prueba de normalidad para la capacidad de suelo.....	26
Tabla 14: ANOVA de la capacidad de soporte del suelo a la adición.....	26
Tabla 15: Prueba de Control de Dunnet.....	27

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Curva Granulométrica de la Calicata N°1, N°2, N°3 Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro Elaboración: Propia.....	17
Gráfico 2: Curva Densidad Seca Vs Contenido de Humedad Patrón de la Calicata N°01, N°02, N°03.....	19
Gráfico 3: Curva Densidad Seca Vs Contenido de Humedad Experimental de la Calicata N°01.....	21
Gráfico 4: Curva Densidad Seca Vs Contenido de Humedad Experimental de la Calicata N°01.....	23

ÍNDICE DE FIGURAS:

FIGURA 1: Ubicación de SIDERPERU: 9°03'58.1" S 78°35'52.1"W.....	40
FIGURA 2: Ubicación de la Facultad de Ciencia Físicas UNMS: 12°03'33.5"S 77°04'54.2" W.....	40
FIGURA 3: Obtención de la escoria proveniente de SIDERPERU	41
FIGURA 4: Dejando la muestra, para realizar el ensayo de fluorescencia de Rayos X, pabellón de Facultad de Ciencias Físicas-Universidad Mayor de San Marcos.	41
FIGURA 5: Punto de la Calicata N°01 entre el Jr. Gamarra y el Jr. Central	42
FIGURA 6: Extracción de suelo de la calicata N°01	42
FIGURA 7: Punto de la Calicata N°02 entre el Jr. Bolívar y el Jr. Central.....	43
FIGURA 8: Extracción de la calicata N°02, con el Técnico del laboratorio Esteban Aguirre.	43
FIGURA 9: Punto de la Calicata N°03 entre el Jr. Twinza y el Jr. Gamarra.....	44
FIGURA 10: Extracción de suelo de la calicata N°03, con un morador del centro poblado Cambio Puente.	44
FIGURA 11: Realizando el ensayo de Proctor Modificado	45
FIGURA 12: Combinación del suelo patrón + la escoria de acero.	45
FIGURA 13: Añadiendo el agua a la muestra experimental para realizar el CBR.	46
FIGURA 14: Realizando los golpes respectivos con el pisón para el CBR.....	47
FIGURA 15: Elaboración de penetración.....	47

RESUMEN

El Centro Poblado “Cambio-Puente” demanda de un mejoramiento en sus carreteras para ejecutarse una pavimentación de sus calles, por esto se centró nuestro objetivo en evaluar cuál es el impacto de la Escoria de acero como estabilizante de la sub-rasante para el mejoramiento de sus características físicas y mecánicas.

Se obtuvo que las calicatas N°01 tiene un tipo A-4 (Suelo limoso) y su correlación de categorización SUCS podría ser un suelo de partículas finas tipo ML (Limo baja plasticidad arenosa), la calicata N°02, N°03 y N°04 poseen un tipo A-1-b (Fragmentos de piedra, grava y arena) y su correlación en la categorización SUCS es un suelo de partículas finas tipo SM (Suelo de partículas gruesas). Los CBR al 100% de la MDS da como conclusión que al adicionarse 5% y 10% de escoria de acero al suelo de “Cambio-Puente”, esta optimización su capacidad de soporte comparativamente al suelo sin aumento, el crecimiento expresado en porcentajes respecto a la muestra patrón y experimental para la calicata N°01 es de 17.6% adicionando 5% y 20.2% adicionando 10%, para la calicata N°02 es de 16.5% adicionando 5% y 19.5% adicionando 10%, para la calicata N°03 es de 16.2% adicionando 5% y 19.0% adicionando 10%.

Palabras Clave: Capacidad de Soporte, Escoria de acero, Pavimentos.

ABSTRACT

The Populated Center "Cambio-Puente" demands an improvement in its roads to carry out a paving of its streets, for this reason our objective was focused on evaluating the impact of the steel slag as a stabilizer of the sub-grade for the improvement of its physical and mechanical characteristics.

It was obtained that the pits N°01 has a type A-4 (Silty soil) and its correlation of SUCS categorization could be a soil of fine particles type ML (Silt low sandy plasticity), the pits N°02, N°03 and N°04 have a type A-1-b (Stone, gravel and sand fragments) and their correlation in the SUCS categorization is a soil of fine particles type SM (Soil of coarse particles). The CBR at 100% of the MDS concludes that by adding 5% and 10% of steel slag to the soil of "Cambio-Puente", this optimization of its bearing capacity comparatively to the soil without increase, the growth expressed in percentages with respect to to the standard and experimental sample for pit No. 01 is 17.6% adding 5% and 20.2% adding 10%, for pit No. 02 it is 16.5% adding 5% and 19.5% adding 10%, for pit N 03 is 16.2% adding 5% and 19.0% adding 10%.

Keywords: Support Capacity, Steel Slag, Pavement

I. INTRODUCCIÓN

Las Calles del Centro Poblado “Cambio Puente”, tiene una mala calidad de suelo, por tal fundamento necesita un mejoramiento anterior antecedente de desempeñarse una autovía lo cual frecuentemente da como efecto no rentable y sin un resultado bueno. Actualmente se realiza el mejoramiento de suelo añadiéndole un material de préstamo para así situar una carpeta asfáltica, debido que la calidad del suelo es inadecuada y los espesores de la capa, la base y sub base son de gran tamaño y llegan a generar un aumento desmesurado en la parte del presupuesto, la reutilización de residuos como en este caso la escoria de acero es un material de construcción del acero en plantas siderúrgicas. En su mayoría se añade en la preparación de cemento. Investigando antecedentes nos dice que años atrás brindaron que como consecuencia la escoria de acero mejoraría la capacidad de soporte del suelo de modo que incrementa su durabilidad y reduce los precios de mantenimiento en una carretera. A nivel nacional, el precio de una carretera es bastante alto, gracias a una mala calidad de los suelos, para que sea posible proyectar una futura carretera es necesario mejorar el suelo implementando el procedimiento de estabilización, por lo cual se expone novedosas resoluciones de estabilización que resulten económicas. A nivel nacional se cuenta con muchas empresas Siderúrgicas, estas generan dichas escorias de acero en la fabricación del acero que por su componente químico podrían favorecer aun con baja capacidad de soporte. A grado local no se tiene referencias de haber usado la escoria de acería en el mejoramiento de suelos, el Centro Poblado Cambio Puente muestra inconvenientes, debido a que se caracteriza por ser de un suelo con mala composición y presencia de relleno, por lo cual es necesario mejorar la función de soporte de sus suelos para proponer o realizar una carretera.

Procediendo a todo lo mencionado se propone el siguiente problema que se investigará: **¿En qué medida mejoraría la capacidad de suelo del Centro Poblado “Cambio Puente” con la adición del 5% y 10% de escoria de acero?**

La justificación de la investigación en el centro Poblado “Cambio Puente”, es caracterizado por tener una estructura mala de su suelo, el cual necesita de un mejoramiento para que a futuro se realice una buena pavimentación, por ello el objetivo central a evaluar qué tipo de efecto tendrá la escoria de acero en un suelo limoso en la subrasante para que mejore sus propiedades, ya se físicas o mecánicas y con todos los procedimientos normados. Al presente mejoramiento de suelo se ve que abarcan distintas ramas de la ingeniería, una de las principales en la pavimentación, se recomienda el mejoramiento de la caracterización del suelo, dan la forma en relación de poros y los espacios vacíos en cualquier presencia de agua, llegando a mejorar la vida útil del pavimento.

Dentro de la investigación se estima el **Objetivo general**: Determinar la capacidad de soporte de un suelo adicionando un 5% y 10% de escoria de acero en el C.P. “Cambio Puente”. Como también los **Objetivos específicos**: Determinar de que está compuesto químicamente la escoria de acero mediante la espectrometría de fluorescencia de rayos x. Determinar el análisis granulométrico del suelo, muestra patrón. Determinar el Proctor Modificado del suelo de la muestra patrón y la muestra experimental con adición de 5% y 10% de escoria de acero. Determinar y comparar la capacidad de soporte al 95% Y 100% de la MDS mediante la aplicación de los ensayos de CBR del patrón y del suelo con adición del 5% y 10% de escoria de acero. Aplicación de métodos estadísticos, tanto descriptivos como inferenciales.

Con relación a la hipótesis al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en el suelo del Centro Poblado Cambio Puente, mejoraría su capacidad de soporte.

II. MARCO TEÓRICO

De los antecedentes encontrados a nivel internacional y a nivel nacional se ha planteado unos trabajos más relevantes a esta investigación.

Según Vanesa Ortega López. (España, 2011), desarrolló la investigación con título “Aprovechamiento de escorias blancas (LFS) y negras (EAFS) de acería eléctrica en la estabilización de suelos y en capas de firmes de caminos rurales”. Estudio la idoneidad del aprovechamiento integral de las escorias blancas y negras en un tipo de suelo arcilloso que estaba en mala calidad. Por lo tanto, en medio del estudio analizaron que la escoria de acero que sirve como subproducto con mucha similitud a una zahorra artificial. Se plantea que la escoria puede ser utilizada con un buen resultado en la elaboración de capas firmes. Su objetivo primordial es ayudar a la sostenibilidad medioambiental donde se eliminará la monumental proporción de residuos que degradan las regiones productivas y de esta forma por otra lado se va a poder eludir la explotación de canteras.

Según Pérez Callantes (Lima, 2012) desarrollarlo la investigación con título “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.” Tiene como objetivo principal estudiar el tipo de efecto que llega a producirse al adicionarle la ceniza en un tipo de suelo arcilloso, y tiene como finalidad la evaluación en obras de pavimentos. Se comprueba que la mezcla de ceniza con el suelo arcilloso como además la suma del cemento, presentaron una mejoría en su comportamiento que un suelo natural para que sea de esta forma logre ser empleado como una capa en la sub base y además en la sub rasante en pavimento. Se alcanzó mirar ciertos componentes como la época de curado, la época de compactación, el contenido de agua y ciertos componentes que influyen en la conducta de la mezcla final..

Según Faisal I. Shalabi, Ibrahim M. Asi, Hisham Y. Qasrawi, (Canadá, 2016), desarrollando un proyecto de investigación con título “Uso de áridos de escoria de acero en mezcla de hormigón asfáltico”. Desarrollaron un artículo que tuvo como objetivo principal el mejoramiento de las propiedades de ingeniería de los suelos

arcillosos. Realizaron experimentales en el laboratorio como también en campo para investigar los diferentes porcentajes de escoria de acero que se agregaran para, la hinchazón, compresibilidad, resistencia al corte, compactación y CBR de los materiales tratados. Dieron como resultado de las pruebas en el suelo mostraron en el momento que aumenta el contenido de escoria de acero, la densidad de la sequedad del suelo, la plasticidad, el potencial de hinchamiento y la intersección de la cohesión disminuían y el ángulo de fricción interna aumentaba. Para los CBR, los resultados de las pruebas mostraron un aumento en su valor, al aumentar el contenido de escoria.

Según Zelada Muñoz Rolando Enrique, (Trujillo, 2016), desarrollo la investigación con título “Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SIDERPERU como producto alternativo a la piedra cantera en el sector construcción”, Esta investigación realizó la valorización económica de la escoria generada por SIDERPERU. Se determinó las cantidades generadas de escoria en SIDERPERU: Escoria de horno eléctrico (110 a 150 kg/t), Escoria de horno cuchara (20 a 30 kg/t), Polvo de acero (13 a 20 kg/t), Laminilla (6 a 10 kg/t), Refractarios (2 a 4 kg/t) y Electrodo (1 a 2 kg/t).

Según Ccoillo Inca Illary, (Lima, 2017), desarrollaron la investigación con título “Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria la Molina-2016”. Empezó una averiguación en la cual tuvo como primordial objetivo enseñar el comportamiento de la subrasante de suelos agregando escoria de acero en el pavimento flexibles. Donde se enseñó la predominación de suelos con escoria de acero se planteó la evaluación de deformaciones. Se obtuvo el resultado para cada porcentaje postulado de escoria de 2%, 4%, 6% y 8%, se verifica el crecimiento de la máxima densidad y el decrecimiento del óptimo contenido de humedad del proctor modificado. Se observa una altura del índice de CBR en un 48.43% en 1” al 95% de la máxima densidad seca, además logramos ver la disminución de hablado porcentaje de extensión a 54.69% al aumentar 30% de escoria de acero.

Según Hugo Alexander Rondón Quintana, Marcio Muniz de Farias, Fredy Alberto Reyes Lizcano, (Colombia, 2018), desarrollaron la investigación con título “Uso de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión”, Varias características son evaluadas donde reportan respuestas diferentes y otras son contradictorias donde ayudara a minimizar la aplicación de ciertos agregados pétreos naturales y reduce el consumo de energía en el lapso de sustracción de los agregados.

Según Carrillo Gil y otros, (2018), desarrollaron la investigación con título, “Uso de las escorias de acero de horno eléctrico en obras viales” Recomendaron que para dar una mejor forma de la sub base y de la base, y a la vez mejora de la sub rasante la escoria de acero es sumamente efectiva, como también nos manifiesta que la escoria de acero proviene de la fusión del horno eléctrico.

Según Figueroa Chávez Ilich Darient y Mamani Quinto Carlos Clinton. (Lima, 2019), desarrollaron la averiguación con título “Diseño de carreteras afirmadas con base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para regiones rurales”. En este caso se estudió la escoria para capas de afirmado, donde se encontró una cantidad de metales pesados en la escoria de acero que estaban divididos en esenciales y tóxicos. Las escorias presentan cantidades admisibles de cromo y cobre que son elementos puzolanicos como la cal y el cemento. La investigación concluyo con resultados favorables donde se obtuvo un radio optimo de transporte de 50km desde la fábrica de Aceros Arequipa que está ubicada en Pisco, este radio puede extenderse, pero dependerá del lugar y de la distancia de la cantera que se obtendrá el afirmado.

Según Lucen Sosa Siclane Smith, (Lima, 2019), “Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria-Lima 2018”, Se demostró que al añadir la escoria de acero en un 0.7% con respecto a su peso del material dará como resultado a la mejoría de las propiedades de un pavimento flexible para el mejoramiento de la Molina.

Según Villalobos, y otros (2019). desarrollaron la investigación con título “Efectos de representar agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades mecánicas mecánicas-físicas de mezclas asfálticas en caliente”, Su objetivo

principal fue establecer algunos efectos que hace producir el acero siderúrgico cuando se va a reemplazar de la mezcla asfáltica. Está formado por 150 especímenes, 200 kilogramo de escoria de acero, 350 kilogramo del añadido extraído de la cantera. Llegando a una conclusión donde cumplen con todos los requerimientos dados por la norma y cabe resaltar que son 100% aplicables en la preparación de mezcla asfáltica.

La mecánica de Suelos según el Dr. Karl Terzaghi nos planteó que como uso de leyes de mecánicas e hidráulicas a los diferentes problemas de ingeniería que se relaciones o se trate con sedimentos en una acumulación no consolidada en partículas sólidas. Villalaz (2004).

La estabilización de suelos da como definición a la mejoría de todas sus propiedades físicas y mecánicas que además añaden sus materiales químicos, naturales y/o sintéticos, lo mencionado en general se puede aplicar en suelos que tengas su sub rasante inapropiado o pobre, son calificados como un suelo cemento, o suelo cal, entre otros. No obstante, una vez que hablamos de una sub base granular o base granular se busca una mejoría de su calidad donde a esto se le llama sub base o base granular tratada. Se emplea distintos métodos de otros agentes estabilizantes, donde se concluye cual llegue a ser el mecanismo de una estabilización en el proceso de compactación.

Existen diferentes métodos en un proceso de estabilización: Una estabilización mecánica tiene un aumento de mejoría de suelo en la parte de la sub rasante, mejora cuando existe una combinación de suelos, también suelos que son estabilizados por otros productos: el cemento, escoria, cal., emulsión asfáltica. Una estabilización química de un suelo y también la estabilización con productos geo sintéticos. Sin embargo, se debe destacar el significado que llega a obtener con los ensayos del laboratorio ya que demuestran la aptitud y algunos tramos construidos que confirme la óptima respuesta. MTC (2014).

La capacidad de soporte se determina según su tipo de suelo que puede soportar la carga establecida, por medio del CBR que se puede definir como la capacidad del cual medirá su resistencia al corte del suelo que desciende. Todo ello va

permitir a que se obtenga un cierto porcentaje de relación de soporte. MTC (2014).PRO

Tabla 1: Categorías de la Subrasante

CATERGORIA DE SUB RASANTE	CBR
Inadecuada	CBR <3%
Insuficiente	CBR>3%-CBR<6%
Regular	CBR>6%-CBR<10%
Buena	CBR>10%-CBR 20%
Muy buena	CBR>20%-CBR<30%
Excelente	CBR>30%

Fuente: Manual de Carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos, sección suelos y pavimentos del MTC (2014).

La caracterización de una sub rasante tiene como finalidad determinar todas su caracterización física y mecánicas de todos los componentes que abarcan la sub rasante y que son llevadas a cabo las investigaciones que les corresponden, ejecutando las calicatas de aproximadamente 1.5m de profundidad; la cantidad de calicatas mínimas por km es de 3 calicatas. Se encuentran ubicadas de manera longitudinal y de manera alterna, en la faja que ocupa toda la calzada en aproximadamente distancias iguales, finalizando se densifica los puntos del trazo de la vía.

La Escoria de acero es procedente de la construcción de acero y se caracteriza por los metales pesados que trae en unas enormes porciones, como el cromo, zinc o plomo, y la medida diminuta de sus partículas. En el siguiente cuadro especifica la estructura química del producto “escoria de acero” conforme el Perú.

Tabla 2: Propiedades físicas de los áridos procedentes de la escoria de acero.

Densidad	g/cm ³	2.65
Superficie especifica	Cm ² /g	2064

Fuente: SIDERPERU.

Tabla 3: Composición química de los áridos procedentes de la escoria de acero.

Químico	%		
SiO ₂	17,4 – 19,3	Fluoruro (%)	1,4
Fe ₂ O ₃	1,1-3,6	Sulfuro (mg/kg)	503
FeO	0,0 – 0,95	Zinc (ppm)	596
Al ₂ O ₃	3,2 – 10,4	Plomo (ppm)	84
CaO	45,3 – 62,1	Cobre (ppm)	200
MgO	4,5 – 17,2	Cromo (ppm)	150
MnO	0,0 – 1,2	Niquel (ppm)	80
S	1,45 – 1,65		
C	0,0 – 0,03		

Fuente: SIDERPERU

La escoria de acero es extraída en el momento que se está fabricando el acero, afirma que esta materia generada por la empresa siderúrgica SIDERPERU ubicada en Chimbote, puede contribuir a la protección del ambiente y el sector de construcción.

Para el mejoramiento del suelo se realizan los siguientes ensayos:

El análisis Granulométrico: ASTM D422, con este ensayo evaluamos la división de todas las partículas según el diámetro del suelo. La Grava (75mm-4.75mm), arena gruesa (4.75-2.0mm), arena media (2.0-0.425mm), arena fina (0.425-0.075mm), limo (0.075-0.005mm), arcilla (menos a 0.005mm). MTC (2014).

El proctor modificado: ASTM D 1557, diagnostica su óptimo contenido de humedad y su máxima densidad del suelo.

El CBR: ASTM D 4429, evalúa la resistencia o capacidad de carga del suelo, así como se mostró en la Tabla N°01.

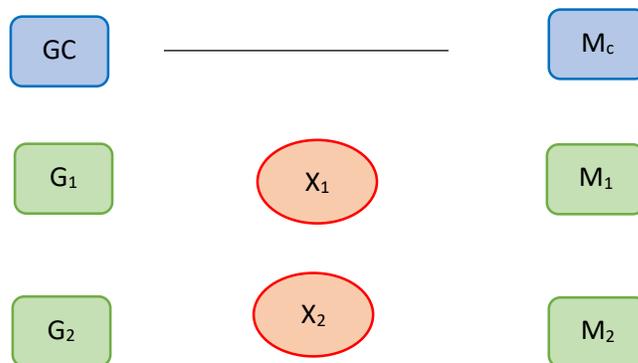
III. METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Tipo de investigación: Investigación “aplicada”, se planteó para dar solución al defecto que tiene el suelo del Centro Poblado Cambio Puente. Se aplicó la adición del material por medio del manejo de acciones planteadas, fue esencial ya que utilizó como guía.

Diseño de Investigación: Se aplicó el procedimiento denominado experimentación, debido a que se hizo uso de un nuevo producto para la estabilización, adicionando un 5% y 10% de escoria de acero en un tipo de suelo que no desempeña los requisitos mínimos según las reglas que son establecidas, se cotejo las conclusiones de cada por ciento y la función de soporte de suelo que fue seleccionado, mejoró.

Muestra del esquema del diseño de investigación que aplique es el siguiente:



DÓNDE:

GC: Muestra de suelo patrón.

G1: Muestra de suelo experimental (5% de escoria de acero).

G2: Muestra de suelo experimental (5% de escoria de acero).

X1: Adiciones de 5% de escoria de acero.

X2: Adiciones de 10% de escoria de acero.

Mc: Resultados de CBR patrón.

M1: Resultados de CBR al adicionar 5% de escoria de acero.

M2: Resultados de CBR al adicionar 10% de escoria de acero.

3.2. Variables y operacionalización Variables (Anexo N°1)

3.3. Población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población

Comprende tres puntos en las calles (C1-Jr. Central y Jr. Cajamarca, C2-Jr. Central y Jr. Bolívar, C3-Jr. Twinza y Jr. Gamarra) del Centro Poblado Cambio Puente donde se obtuvo muestras de mezcla de suelo por medio de unas calicatas de profundidad 1.5m mínima y la cantidad mínima de las calicatas por kilómetro que son 3 calicatas. Está conformada por 3 muestras naturales y 3 experimentales con el 5% y 3 experimentales con el 10% con el fin de estudiar los distintos comportamientos.

Criterios de inclusión: Se considera en las calles mencionadas porque son distintos puntos del Centro Poblado cambio puente donde se pudo obtener el tipo de suelo Limo-arenoso y también porque son zonas más afectadas en la población debido a su desgaste de suelo.

Criterios de Exclusión: Si la muestra extraída es menor a la profundidad dada por MTC, se tiene que volver a extraer la muestra ya que variará en los resultados de la granulometría y puede perjudicar a la investigación.

Muestra:

“Diminuta parte de la población, que adquieren unas primordiales características de aquella” (OSEDA G. y otros, 2015 pag.158).

Conformada por muestras de suelo natural + escoria las cuales son:

3 muestras de suelo natural + 3 muestras con el 5% de escoria de acero + 3 muestras con el 10% de escoria de acero.

Para ejecutar la exploración se tuvo que realizar de acuerdo a las reglas, E050 del Reglamento Nacional de Edificaciones (RNE), también a la MTC donde nos indica cuantas calicatas realizar, y también nos indica la cantidad de días que estará sumergido en agua las probetas previo a realizar la ruptura, que son de 4 días ejecutadas por el investigador.

Muestreo:

Por motivos que es de III clase sólo se tomó 2 calicatas por kilómetro, cada calicata evaluada es a 1.50m a un nivel de subrasante y fueron utilizadas de la siguiente forma:

• Para el ensayo de granulometría se realizó: 1 mezcla de suelo para la calicata N°01, N°02 y N°03.
• Para el ensayo de Proctor modificado se realizó: 1 mezcla de suelo patrón tanto para la calicata N°01, N°02 y N°03.
• Para el ensayo de Proctor modificado se realizó: 1 mezcla de suelo con 5% de escoria de acero tanto para la calicata N°01, N°02 y N°03.
• Para el ensayo de Proctor modificado se realizó: 1 mezcla de suelo con 10% de escoria de acero tanto para la calicata N°01, N°02 y N°03.
• Para el ensayo de CBR se realizó: 1 mezcla de suelo Patrón tanto para la calicata N°01, N°02 y N°03.
• Para el ensayo de CBR se realizó: 1 mezcla de suelo con 5% de escoria de acero tanto para la calicata N°01, N°02 y N°03.
• Para el ensayo de CBR se realizó: 1 mezcla de suelo con 10% de escoria de acero tanto para la calicata N°01, N°02 y N°03.

Fuente: Propia

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Técnicas

Técnicas aplicadas para recolectar la información fue la observación científica con la cual se pudo comparar la diferencia de características entre el suelo natural y el suelo experimental aplicando un 5% y 10% de escoria de acero la cual requería que los ensayos realizados en el laboratorio para llegar a una conclusión si el material agregado mejora o no el suelo.

Instrumentos

Las herramientas que se usó en la indagación: La guía de aviso y Resumen Reglas de mecánicas de suelos o manuales, los conjuntos que el laboratorio otorga, información bibliográfica, etcétera.

Los ensayos a hacer fueron: Granulometría, Peso unitario suelto y compactado, Contenido de humedad, Proctor modificado y CBR. Ensayos de materiales sustituyente: Estudio de florescencia de relámpagos x.

Validez

“Se consigue distintos conceptos de validez del cual se obtiene distintos tipos de evidencia que tiene relación con el contenido, la evidencia que se encuentra tiene una relación con el criterio y la evidencia que tiene relación con el constructo” (OSED A G. y otros, 2015 pág. 170)

La validez de la investigación se da mediante los resultados que se obtendrá por el laboratorio de suelos que será verificado por el ingeniero a cargo.

Confiabilidad

“Da como referencia que la confiabilidad es la medición del instrumento que se aplicara dentro de condiciones iguales” (Valarino, 2015, pág. 229)

La confiabilidad se llega a entender con los resultados de los ensayos que se dará al aplicar la escoria de acero en la elaboración de la investigación.

3.5. Procedimiento

Ensayo 01: Se recoge muestras de las Mezclas del suelo con profundidad de 1.50m para la una sub rasante, y llegar a obtener una muestra son contaminantes. Se puede utilizar las siguientes muestras para lo siguiente:

- Como un ejemplar modelo de su caracterización o de sus condiciones.
- Para tener control de equivalencia de acuerdo a un nivel que pueda pertenecer.

Ensayo 02: Resolución de su densidad seca de la muestra Patrón y las muestras con la adición parcial del 5% y 10% de escoria de acero.

Los ensayos tienen como fin determinar la relación que hay entre humedad-densidad de un suelo que ya ha sido compactado que sea normalizado

mediante el instrumento llamado pisón de masa que es normalizado, en caída libre y tiene una energía específica de compactación. Se le llama compactación al proceso mecánico que hace que disminuya la cantidad de vacíos en la masa del suelo, donde insistirá a sus partículas que tengan contacto íntimo entre sí, hace referencia al aumento de la densidad de un determinado material.

Ensayo 03: Determinación del Grado de Saturación de la muestra Patrón y las muestras con la adición parcial del 5% y 10% de escoria de acero.

Se describe al proceder que se debe seguir para determinar el grado de saturación del suelo (puede iniciar de 0 “seca” o los valores de porosidad a punto de saturación).

Ensayo04: Aplicación de Cargas de la muestra Patrón y las muestras con la adición parcial del 5% y 10% de escoria de acero. Dicho procedimiento que debe seguir para la capacidad de soporte. El proceder que se debe continuar es para determinar la capacidad de soporte del suelo. Su proceder trata de elaborar muestras CBR, que son ensayadas según los procesos indicados en la norma.

3.6. Método de análisis de datos

Se utilizó la estadística inferencial, que adquirió el método de observación, análisis y el proceso ordenado que se representó con los resultados adquiridos en los ensayos experimentales, con las fichas que entregan en el laboratorio de recolección de datos, también las fichas de observación con validez y confiabilidad para así tener una conclusión de como mejora el suelo con la escoria de acero. El software que se utilizó fue el ANOVA es un programa estadístico que hace una mejoría en los procesos para que los análisis de datos sean dados correctamente.

3.7. Aspectos Éticos

En el presente trabajo de investigación se desarrolló utilizando la “Observación científica”. Se respetó las normas ISO 690.

Los datos que se obtuvo no podrán ser adulterados o manipulados, de manera que no sea considerada como plagio, de esa manera se dará un adecuado uso para las siguientes investigaciones.

Confidencialidad: De esta manera aseguramos la protección de la identidad de dicha institución y de la persona que participe como informante de la investigación. Objetividad: El análisis realizado se basa en criterios técnicos e imparcial. Originalidad: Tomamos en consideración algunas fuentes bibliográficas de la información que fue mostrada, con el fin de demostrar que no existe plagio alguno. Veracidad: La información que está siendo mostrada será netamente autentica o verdadera, cuidando la confidencialidad de la persona o de la institución y debe ser respetada así también con las citas y referencias a los que son autores de las citas, esquemas o también información ya que se utilizó con el fin de esta investigación.

IV. RESULTADOS

Tabla 4: Composición elemental de la escoria negra en % de masa.

Composición química	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.149	6.614
SiO₂	21.627	27.781
SO ₂	0.652	0.838
ClO	0.707	0.909
K ₂ O	0.279	0.359
CaO	22.800	29.288
TiO ₂	0.352	0.453
V ₂ O ₅	0.018	0.018
Cr ₂ O ₃ ⁵	0.443	0.569
MnO	2.143	2.763
Fe₂O	20.382	26.182
Ni ₃ O	0.035	0.045
CuO ³	1.204	1.547
ZnO	1.918	2.464
As ₂ O	0.007	0.007
Sr ₃ O	0.046	0.075
Y ₂ O ₃	0.003	0.003
ZrO ₂	0.015	0.019
Nb ₂ O	0.009	0.011
BaO ⁵	0.057	0.074
PbO	0.041	0.053
TOTAL	77.890	100.000

Fuente: Resultado de los ensayos del laboratorio de Arqueometria-UNMS.

Elaboración: Dr. Bravo del laboratorio de Arqueometria-UNMS.

Interpretación: De acuerdo al ensayo realizado de fluorescencia se encontró que los compuestos químicos como el Óxidos de Calcio (CaO), Dióxido de Sílice (SiO₂) y Óxido de Hierro (Fe₂O) son los porcentajes más altos y superan el 50% del total.

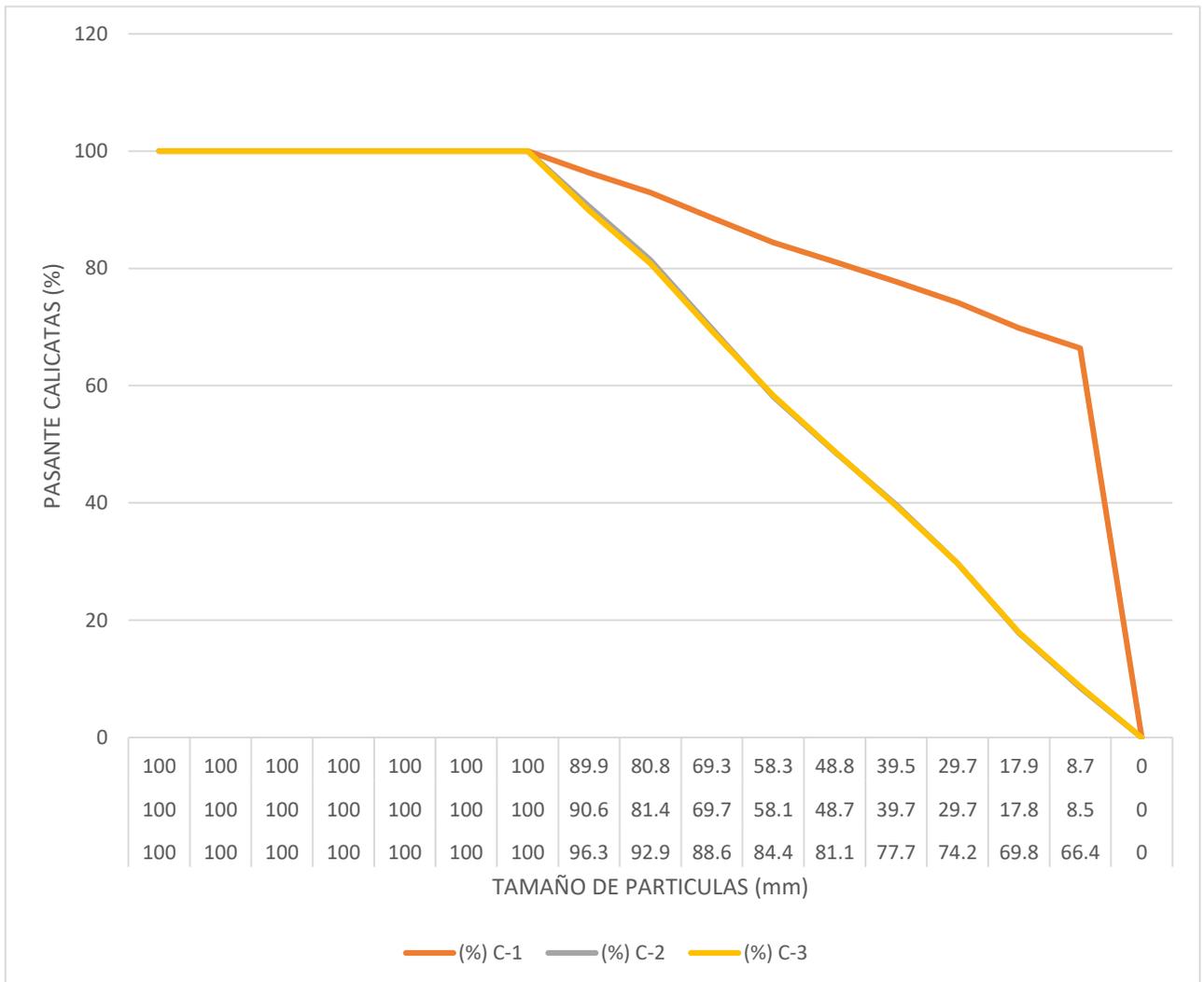
Tabla 5: Cuadro Resumen del Análisis Granulométrico de la calicata N°1, N°2 y N°3

Tamiz (Abertura)		Pasante Calicata N°01	Pasante Calicata N°02	Pasante Calicata N°03
N°	(mm)	(%)	(%)	(%)
2 1/2"	76.200	100.0	100.0	100.0
2"	50.800	100.0	100.0	100.0
1 1/2"	37.500	100.0	100.0	100.0
1"	22.500	100.0	100.0	100.0
3/4"	19.000	100.0	100.0	100.0
1/2"	12.500	100.0	100.0	100.0
3/8"	9.500	100.0	100.0	100.0
1/4"	6.300	96.3	90.6	89.9
4	4.750	92.9	81.4	80.8
10	2.000	88.6	69.7	69.3
20	0.850	84.4	58.1	58.3
30	0.600	81.1	48.7	48.8
40	0.425	77.7	39.7	39.5
60	0.250	74.2	29.7	29.7
100	0.150	69.8	17.8	17.9
200	0.075	66.4	8.5	8.7
<200		0.0	0.0	0.0
TOTAL		100.0	100.0	100.0

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Gráfico 1: Curva Granulométrica de la Calicata N°1, N°2, N°3



Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro
 Elaboración: Propia

Interpretación: De la calicata N°01, N°02 y N°03 expresado en la Tabla 05, según su granulometría, el suelo del centro poblado Cambio Puente llega a clasificar como limo-arenoso de la clasificación AASHTO, donde el suelo es clasificado como pobre a malo con un subgrado de tipo A-1-b (Suelo limo-arenoso) y tiene como correlación a la clasificación SUCS como un suelo de partículas finas tipo ML (Limo con baja plasticidad arenosa).

Las siguientes tablas y gráficos recogen los resultados de los ensayos de Proctor Modificado tanto para las muestras patrón y para las muestras experimentales aplicadas a las calicatas N°1, N°2 y N°3.

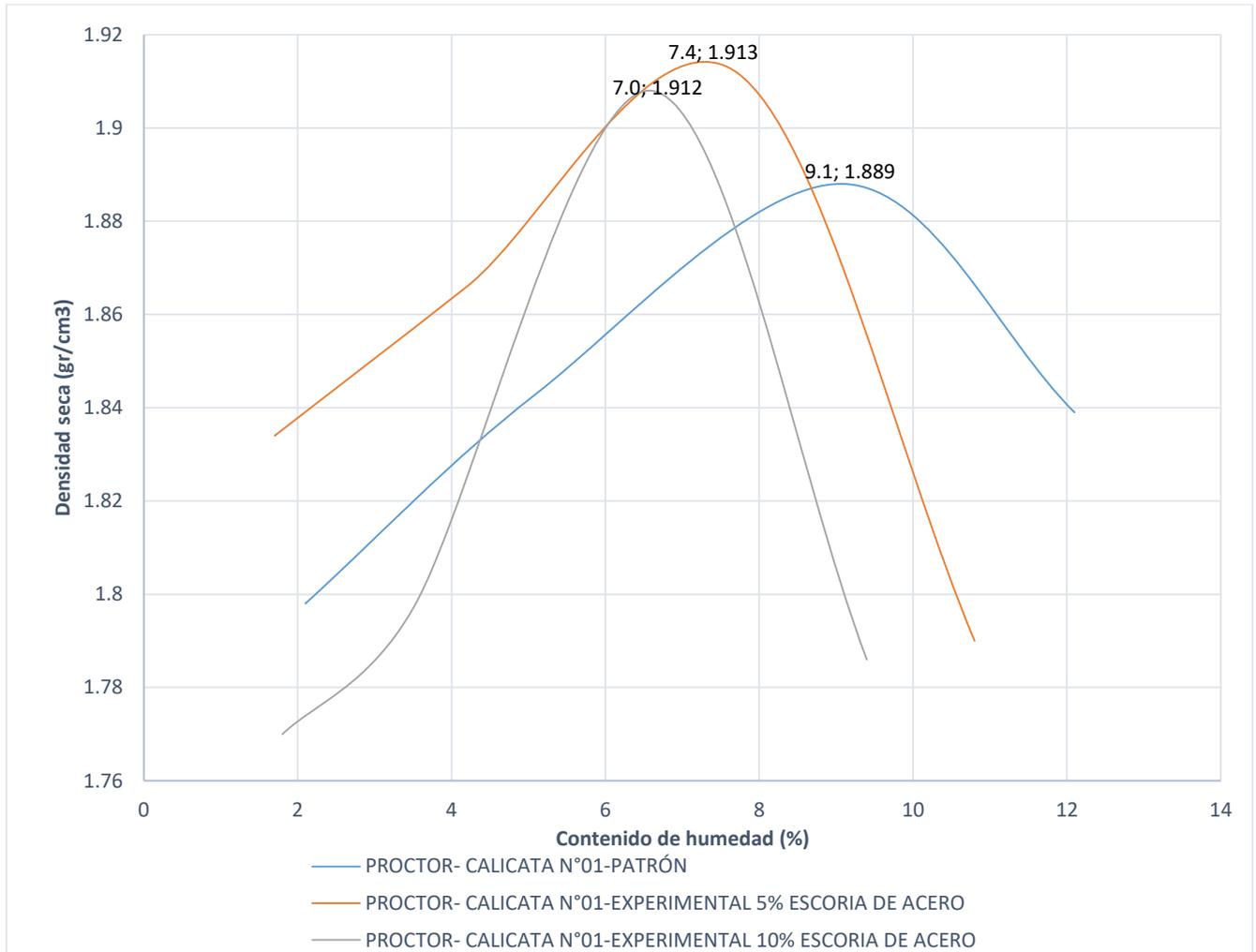
Tabla 6: Resultados del Proctor Modificado Patrón de la Calicata N°01, comparado con los experimentales.

PROCTOR- CALICATA N°01-PATRÓN				
Contenido de Humedad (%)	2.1	5.1	9.1	12.1
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.798	1.843	1.888	1.839
PROCTOR- CALICATA N°01-EXPERIMENTAL 5% ESCORIA DE ACERO				
Contenido de Humedad (%)	1.7	4.2	7.7	10.8
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.834	1.866	1.912	1.79
PROCTOR- CALICATA N°01-EXPERIMENTAL 10% ESCORIA DE ACERO				
Contenido de Humedad (%)	1.8	3.5	6.6	9.4
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.77	1.797	1.908	1.786

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Gráfico 2: Curva Densidad Seca Vs Contenido de Humedad Patrón de la Calicata N°01, N°02, N°03



Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Universidad San Pedro

Interpretación: De la calicata N°01 y en el gráfico 02 se llega a observar como una relación agua y suelo a través de un parámetro con unas proporciones de aguas propuestas, donde llegan a ser la más efectiva compactación en su óptimo contenido de humedad para luego ser utilizado en el ensayo de CBR y obtenga una alta capacidad de soporte. Se llega a observar que la muestra patrón llegó a absorber mucha más agua que una muestra experimental y que la máxima densidad seca aumenta al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en dicho suelo.

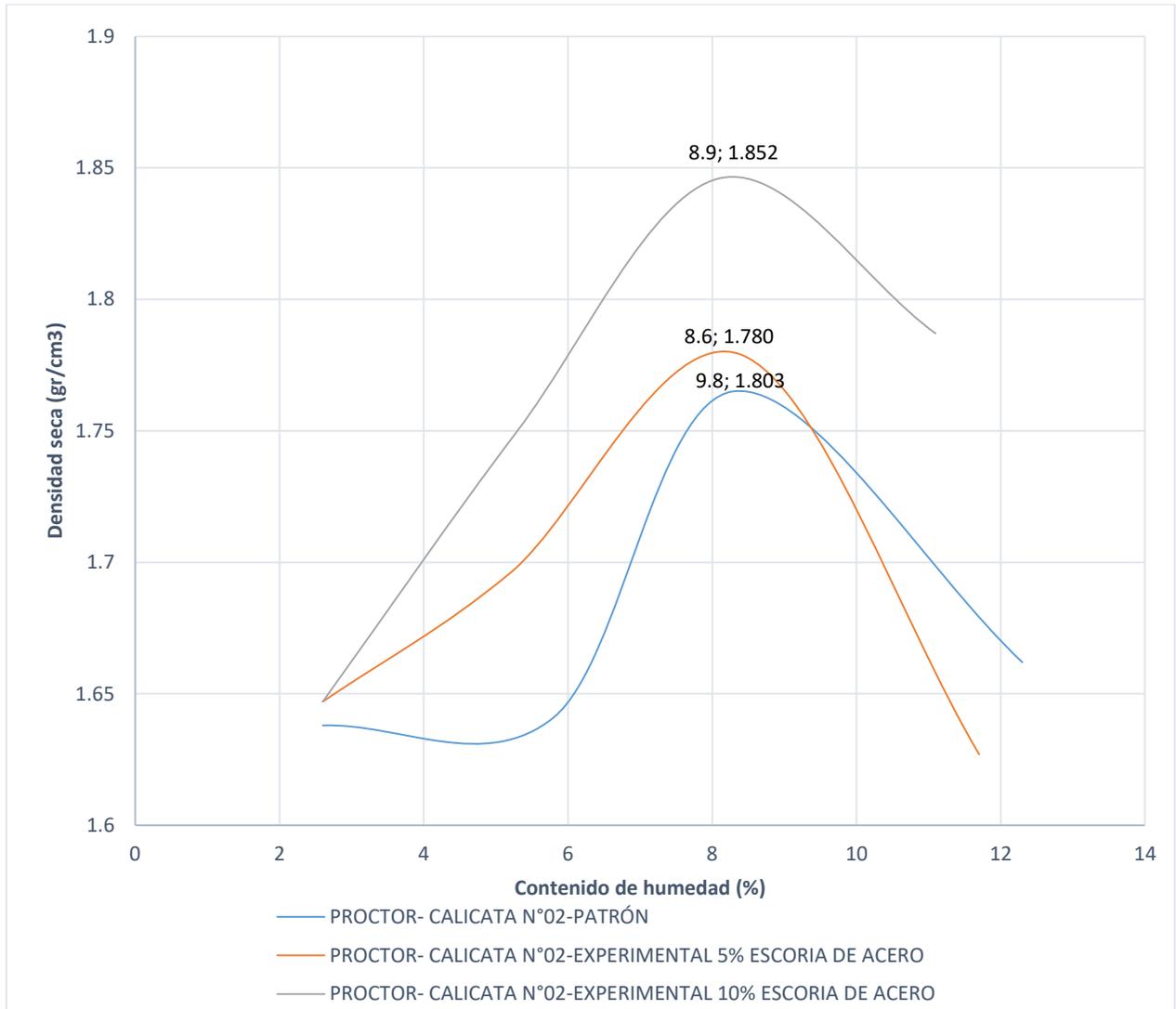
Tabla 7: Resultados del Proctor Modificado Patrón de la Calicata N°02, comparado con los experimentales.

PROCTOR- CALICATA N°02-PATRÓN				
Contenido de Humedad (%)	2.6	5.8	8.3	12.3
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.638	1.641	1.765	1.662
PROCTOR- CALICATA N°02-EXPERIMENTAL 5% ESCORIA DE ACERO				
Contenido de Humedad (%)	2.6	5.2	8.4	11.7
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.647	1.696	1.779	1.627
PROCTOR- CALICATA N°02-EXPERIMENTAL 10% ESCORIA DE ACERO				
Contenido de Humedad (%)	2.6	5.3	8.1	11.1
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.647	1.75	1.846	1.787

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Universidad San Pedro

Gráfico 3: Curva Densidad Seca Vs Contenido de Humedad Experimental de la Calicata N°01.



Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Universidad San Pedro

Interpretación: De la calicata N°02 y en el gráfico 03 se llega a observar como una relación agua y suelo a través de un parámetro con unas proporciones de aguas propuestas, donde llegan a ser la más efectiva compactación en su óptimo contenido de humedad para luego ser utilizado en el ensayo de CBR y obtenga una alta capacidad de soporte. Se llega a observar que la muestra patrón llegó a absorber mucha más agua que una muestra experimental y que la máxima densidad seca aumenta al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en dicho suelo.

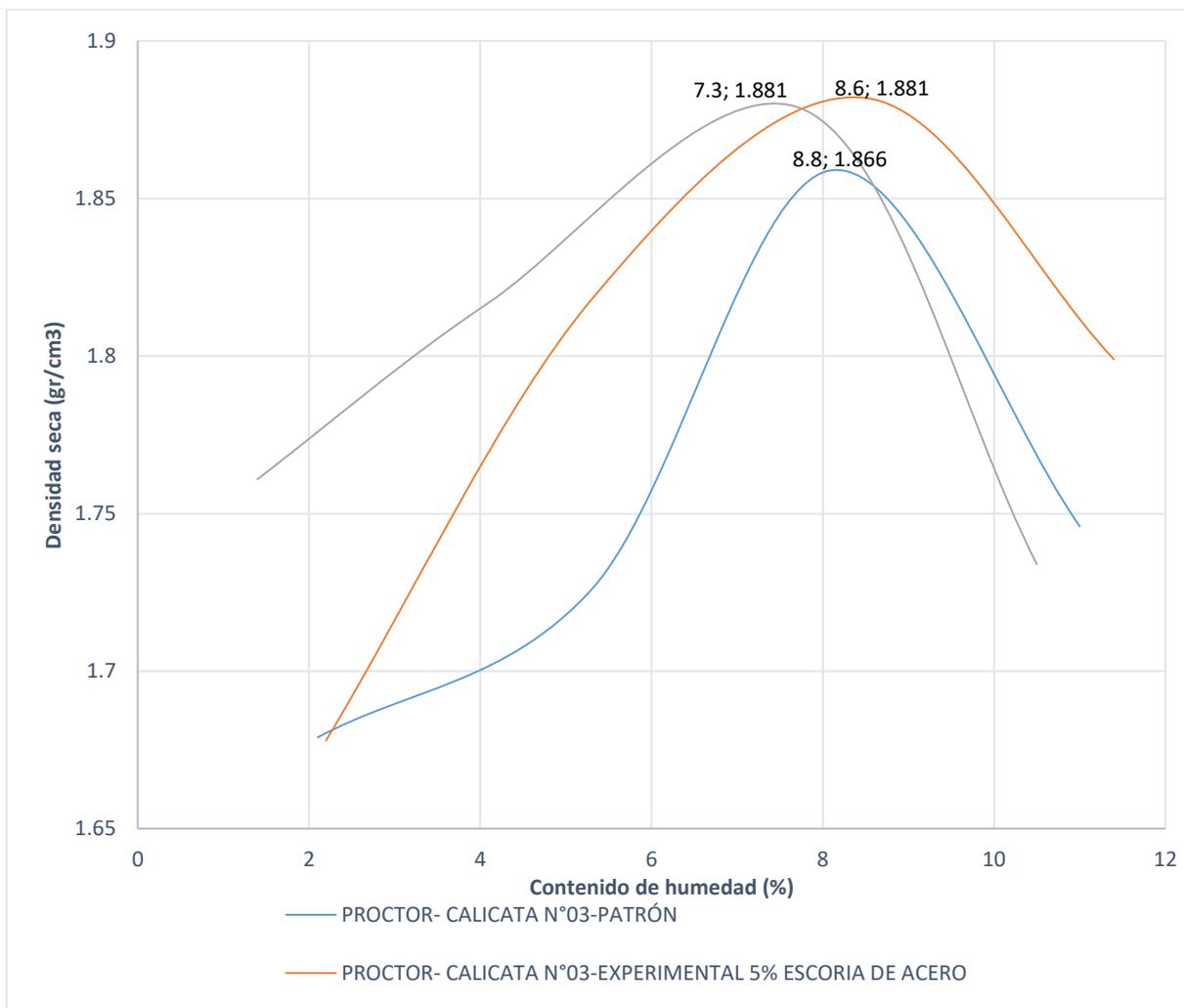
Tabla 8: Resultados del Proctor Modificado Patrón de la Calicata N°03, comparado con los experimentales.

PROCTOR- CALICATA N°03-PATRÓN				
Contenido de Humedad (%)	2.1	5.3	8.1	11
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.679	1.726	1.859	1.746
PROCTOR- CALICATA N°03-EXPERIMENTAL 5% ESCORIA DE ACERO				
Contenido de Humedad (%)	2.2	5.3	8.5	11.4
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.678	1.818	1.882	1.799
PROCTOR- CALICATA N°03-EXPERIMENTAL 10% ESCORIA DE ACERO				
Contenido de Humedad (%)	1.4	4.1	7.8	10.5
Densidad de Suelo Seco (gr/cm3)	1.761	1.817	1.878	1.734

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Gráfico 4: Curva Densidad Seca Vs Contenido de Humedad Experimental de la Calicata N°01.



Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Universidad San Pedro

Interpretación: De la calicata N°03 y en el gráfico 04 se llega a observar como una relación agua y suelo a través de un parámetro con unas proporciones de aguas propuestas, donde llegan a ser la más efectiva compactación en su óptimo contenido de humedad para luego ser utilizado en el ensayo de CBR y obtenga una alta capacidad de soporte. Se llega a observar que la muestra patrón llegó a absorber mucha más agua que una muestra experimental y que la máxima densidad seca aumenta al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en dicho suelo.

Capacidad de Soporte – CBR, El contenido de humedad obtenido en el ensayo de Próctor Modificado después de sumergir las muestras patrón y experimental de las calicatas C1, C2, C3 durante 96 horas (4 días), y con una carga de 4.5kg.

Tabla 9: Capacidad de Soporte a 2.5mm de penetración de calicata N°01.

PORCENTAJES DE ESCORIA DE ACERÍA	CBR A 2.5MM DE PENETRACION 100% MDS	CBR 2.5 MM DE PENETRACIÓN 95%MDS
0%	14.3	9.6
5%	17.6	13.3
10%	20.2	15.3

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Interpretación: Los resultados que fueron extraídos del ensayo CBR a un 100% de máxima densidad seca con una penetración 2.5 mm, mostrada en la tabla N° 09, donde registra que al adicionar 5% y 10% de escoria de acero en el suelo donde esto mejorara su capacidad de soporte de 14.3% a 17.6% al adicionar 5% de escoria de acería y 20.2% al adicionar 10% de escoria de acería lo que llega a colocarlo en la categoría de sub rasante muy buena.

Tabla 10: Capacidad de Soporte a 2.5mm de penetración de calicata N°02.

PORCENTAJES DE ESCORIA DE ACERÍA	CBR A 2.5MM DE PENETRACION 100% MDS	CBR A 2.5MM DE PENETRACION 95%MDS
0%	11.0	8.4
5%	16.5	13.3
10%	19.5	16.3

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Interpretación: Los resultados que fueron extraídos del ensayo CBR a un 100% de máxima densidad seca con una penetración 2.5 mm, mostrada en la tabla N° 10, donde registra que al adicionar 5% y 10% de escoria de acero en el suelo donde esto mejorara su capacidad de soporte de 11.0% a 16.5% al adicionar 5% de escoria de acería y 19.5% al adicionar 10% de escoria de acería lo que llega a colocarlo en la categoría de sub rasante muy buena.

Tabla 11: Capacidad de Soporte a 2.5mm de penetración de calicata N°03.

PORCENTAJES DE ESCORIA DE ACERÍA	CBR A 2.5MM DE PENETRACION	CBR A 2.5MM DE PENETRACION
	100% MDS	95%MDS
0%	14.8	11.0
5%	16.2	12.8
10%	19.0	16.3

Fuente: Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Interpretación: Los resultados que fueron extraídos del ensayo CBR a un 100% de máxima densidad seca con una penetración 2.5 mm, mostrada en la tabla N° 11, donde registra que al adicionar 5% y 10% de escoria de acero en el suelo donde esto mejorara su capacidad de soporte de 14.8% a 16.2% al adicionar 5% de escoria de acería y 19.0% al adicionar 10% de escoria de acería lo que llega a colocarlo en la categoría de sub rasante muy buena

Tabla 12: (100%) según adición de escoria de acero (5% y 10%)

CALICATAS	CBR Y PORCENTAJES DE ESCORIA DE ACERO		
	0%	5%	10%
C1	14.3	17.6	20.2
C2	11.0	16.5	19.5
C3	14.8	16.2	19.0
Media	13.367	16.767	19.567

Fuente: Resultados del Laboratorio de Suelos de la Universidad San Pedro

Elaboración: Propia

Interpretación: Esta tabla se encuentran los datos que se trabajó para realizar el ANOVA y se observa los promedios del grupo control (CBR) 0% y sus promedios de adiciones para el 5% y 10%

Tabla 13: Prueba de normalidad para la capacidad de suelo

Estadístico de prueba	Adición de escoria de acero	Nivel de significación (α)	p-valor	Decisión
Shapiro- Wilk	Patrón	0.05	0.232	$p > \alpha$ acepta H_0
	5%	0.05	0.391	$p > \alpha$ acepta H_0
	10%	0.05	0.817	$p > \alpha$ acepta H_0

Fuente: Programa SPSS

Elaboración: Propia

Interpretación: Los p-valores son mayores al nivel de significación que es 0.02. Donde se concluye que las muestras de la capacidad de suelo se distribuyen de forma normal en cada adición. Los datos de capacidad de suelo siguen una distribución normal.

Tabla 14: ANOVA de la capacidad de soporte del suelo a la adición

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Nivel de significación (α)	p-valor	Decisión
Adición	57.840	2	0.05	0.003	$P < \alpha$ Se rechaza H_0
Error	10.340	6			
Total	68.180	8			

Fuente: Programa SPSS

Elaboración: Propia

Interpretación: Al menos una adición es diferente en la capacidad de suelo con un 5% de significancia.

Tabla 15: Prueba de Control de Dunnet

(I) ADICION	(J) CONTROL	DIFERENCIA DE MEDIAS (I-J)	P	NIVEL DE SIGNIFICACIÓN (α)	Decisión
5%	0%	3,4000*	0,034	0.05	$P < \alpha$ Se rechaza H_0
10%	0%	6.2000*	0.002		$P < \alpha$ Se rechaza H_0

Fuente: Programa SPSS

Elaboración: Propia

Interpretación: Existe diferencia estadística significativa entre el promedio del grupo control y la adición al 5%. Existe una diferencia estadística con una significancia entre el promedio del grupo control y la adición al 10%. Lo que esto significa que es efectiva las adiciones en su capacidad de soporte del suelo con 5% significancia.

V. DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN QUÍMICA: Según el análisis de Fluorescencia de Rayos X, se encontró que los compuestos tales como Óxidos de Calcio, Dióxido de Sílice y Óxido de Hierro son los porcentajes más altos y superan el 50% del total.

SiO₂-Dióxido de Silicio: Establece puentes covalentes entre las diversas partículas del suelo que actúan como adhesivo que ayuda a mejorar su estructura. Se aplica como estabilizador, trabaja en los suelos arenos arcillosos y limosos ya que al mezclarse directamente mejora sus condiciones para rellenos y/o estructura de pavimento. Al tener contacto con calcio, forman silicatos cálcicos, esta reacción puzolánica aumenta la compresión simple del suelo.

CaO-Óxido de Calcio: Tras el mezclado con el suelo (arcilloso, limoso), el óxido de calcio tiende a absorber el agua por medio de una actitud llamada exotérmica, donde disminuye radicalmente la humedad del suelo. El suelo cambia, dándose un trueque iónico entre el sodio (Na) del suelo y el calcio (Ca); el impacto es que el suelo pierde sus características de guardar agua; estabiliza el suelo en esta situación el impacto se crea más a medio plazo y de una forma gradual, las arcillas y limos del suelo (que tiene sílice y aluminio) en contacto con la cal es capaz de conformar silicatos y aluminatos cálcicos hidratados. Esta actitud llamada puzolánica y da como consecuencia un crecimiento de compresión y más grande seguridad.

Fe₂O₃-Óxido de Hierro: El óxido de hierro tiene un alto poder de pigmentante y determinan el color de muchos suelos, por encontrarse recubriendo las partículas de estos. Poseen poder cementante que les permite influir en la estructura de los suelos. Incrementa la capacidad amortiguadora del suelo.

Análisis Granulométrico del suelo de la muestra patrón determino como un suelo limo-arenosa y es clasificado como pobre a malo.

De la calicata N°01 expresado en la Tabla 05, según su granulometría, el suelo del centro poblado Cambio Puente llega a clasificar como limo-arenoso de la clasificación AASHTO, donde el suelo es clasificado como pobre a malo con un subgrado de tipo A-4 (Suelo limoso) y tiene como correlación a la clasificación SUCS como un suelo de partículas finas tipo ML (Limo con baja plasticidad arenosa).

De la calicata N°02 expresado en la Tabla 05, según su granulometría, el suelo del centro poblado Cambio Puente llega a clasificar como limo-arenoso de la clasificación AASHTO, donde el suelo es clasificado como pobre a malo con un subgrado de tipo A-1-B (Son fragmentos de roca, grava y arena) y tiene como correlación a la clasificación SUCS como un suelo de partículas finas tipo SM (Suelo de partículas gruesas).

De la calicata N°03 expresado en la Tabla 05, según su granulometría, el suelo del centro poblado Cambio Puente llega a clasificar como limo-arenoso de la clasificación AASHTO, donde el suelo es clasificado como pobre a malo con un subgrado de tipo A-1-B (Son fragmentos de roca, grava y arena) y tiene como correlación a la clasificación SUCS como un suelo de partículas finas tipo SM (Suelo de partículas gruesas).

Proctor Modificado del suelo de la muestra patrón y la muestra experimental con adición de 5% y 10% de escoria de acero.

Del ensayo de Proctor modificado de la calicata N°01 expresado en los gráficos 02 se llega a observar como una relación agua y suelo a través de un parámetro con unas proporciones de aguas propuestas, donde llegan a ser la más efectiva compactación en su optimo contenido de humedad para luego ser utilizado en el ensayo de CBR y así pueda ser obtenido como una alta capacidad de soporte. Según lo que fue ensayado se llega a observar que la muestra patrón llego a absorber mucha más agua que una muestra experimental y que la máxima densidad seca aumenta al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en dicho suelo.

Del ensayo de Proctor modificado de la calicata N°03 expresado en los gráficos 03 se llega a observar como una relación agua y suelo a través de un parámetro con unas proporciones de aguas propuestas, donde llegan a ser la más efectiva compactación en su óptimo contenido de humedad para luego ser utilizado en el ensayo de CBR y así pueda ser obtenido como una alta capacidad de soporte. Según lo que fue ensayado se llega a observar que la muestra patrón llegó a absorber mucha más agua que una muestra experimental y que la máxima densidad seca aumenta al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en dicho suelo.

Del ensayo de Proctor modificado de la calicata N°03 expresado en los gráficos 04 se llega a observar como una relación agua y suelo a través de un parámetro con unas proporciones de aguas propuestas, donde llegan a ser la más efectiva compactación en su óptimo contenido de humedad para luego ser utilizado en el ensayo de CBR y así pueda ser obtenido como una alta capacidad de soporte. Según lo que fue ensayado se llega a observar que la muestra patrón llegó a absorber mucha más agua que una muestra experimental y que la máxima densidad seca aumenta al adicionar el 5% y 10% de escoria de acero en dicho suelo.

CBR al 100% de su MDS:

Para la calicata N°01 los resultados que fueron extraídos del ensayo CBR a un 100% de máxima densidad seca con una penetración 2.5 mm, mostrada en la tabla N° 09, donde registra que al adicionar 5% y 10% de escoria de acero en el suelo donde esto mejorara su capacidad de soporte de 14.3% a 17.6% al adicionar 5% de escoria de acería y 20.2% al adicionar 10% de escoria de acería lo que llega a colocarlo en la categoría de sub rasante muy buena según la tabla 01 del MTC (2014).

Para la calicata N°02 los resultados que fueron extraídos del ensayo CBR a un 100% de máxima densidad seca con una penetración 2.5 mm, mostrada en la tabla N° 10, donde registra que al adicionar 5% y 10% de escoria de acero en el suelo donde esto mejorara su capacidad de soporte de 11.0% a 16.5% al adicionar 5% de escoria de acería y 19.5% al adicionar 10% de escoria de acería lo que llega a

colocarlo en la categoría de sub rasante muy buena según la tabla 01 del MTC (2014).

Para la calicata N°03 los resultados que fueron extraídos del ensayo CBR a un 100% de máxima densidad seca con una penetración 2.5 mm, mostrada en la tabla N° 11, donde registra que al adicionar 5% y 10% de escoria de acero en el suelo donde esto mejorara su capacidad de soporte de 14.8% a 16.2% al adicionar 5% de escoria de acería y 19.0% al adicionar 10% de escoria de acería lo que llega a colocarlo en la categoría de sub rasante muy buena según la tabla 01 del MTC (2014).

VI. CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de Fluorescencia de Rayos X, se encontró que los compuestos tales como Óxidos de Calcio (CaO) en 29.288%, Dióxido de Sílice (SiO₂) en 28.498% y Oxido de Hierro (Fe₂O₃) en 26.182% son los porcentajes más altos y superan el 50% del total con una suma de 83.968%. Los CBR al 100% de la MDS ensayados en el laboratorio de mecánica de suelos nos da como conclusión que al adicionarse un 5% y 10% de escoria de acería al suelo del Centro Poblado “Cambio Puente”, esta mejora en un gran rango su capacidad de soporte a comparación de un suelo sin adición, el aumento expresado en distintos porcentajes según la muestra tanto patrón como experimental para la calicata N°01 es de 23.08%, adicionando 5% de escoria de acero y 41.26% adicionando 10% de escoria de acería, para la calicata N°02 es de 50.00% adicionando 5% de escoria de acería y 77.27% adicionando 10% de escoria de acería, para la calicata N°03 es de 9.46% adicionando 5% de escoria de acería y 28.38% adicionando 10% de escoria de acería. El mejoramiento de su capacidad de soporte logró cambiar el tipo de categoría de sub rasante a una superior categoría.

VII. RECOMENDACIONES

- ❖ El producto que debe ser extraído y a la vez almacenado en recipientes que no contengan agentes contaminantes ya que pueden llegar a variar la composición química del material.

- ❖ Contribuyendo al cuidado del medio ambiente se puede mejorar y aumentar las propiedades mecánicas que están en baja calidad del suelo y así disminuir los costos. A la vez se logrará disminuir los gigantes almacenamientos de escoria de las organizaciones siderúrgicas.

- ❖ Adicionar la escoria de acero a suelos que contengan material fino ya que mejora su categoría de subrasante; en la mayoría de suelos tienen un CBR < 6% y la escoria ayuda a llegar a un índice de CBR adecuado es según lo que requiera el proyecto que se está realizando.

- ❖ Al MTC (Ministerio de transporte y comunicaciones); que pueda difundir y aplicar este material innovador que es la escoria de acero para suelos en mal estado y con una baja capacidad portante. Se puede aplicar a suelos que tengan un CBR<6% que necesiten un mejoramiento.

REFERENCIAS

AASHTO. 1993. *Método de diseño*. 1993.

Análisis del uso de escoria granulada en la fabricación de mezclas para pavimentos.
Revista Espacios. 2018.

BRAJA, M. 2001. *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. EE. UU: Libro de investigación.

BOWLES, Joseph E. 1998. *Foundation analysis and design*. Estados Unidos: Editorial McGraw Hill, pp. 131 – 153, 179 – 223, 436 –439, 714 – 759, 821 – 826, 863 – 886

CARRILLO G. Arnaldo, GARCÍA G. Edgar. 2019. *“Uso de las escorias de acero de horno eléctrico en obras viales”*. Lambayeque: XVII CONIC (exposición de investigación).

CCOILLO INCA, Illary. 2017. *“Comportamiento de la subrasante de suelos con adición de escoria en pavimentos flexibles de la Universidad Agraria La Molina-2016”*. Lima: Universidad César Vallejo.

CEDEX. 2007. *Actualización de catálogo de residuos utilizables en construcción*.

EGMASA. 2004. *“Estudio de viabilidad de las escorias siderúrgicas como sustitutivos de los áridos en la fabricación de morteros”*. España: Empresa de Gestión Medioambiental, Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

FAISAL I. Shalabi, IBRAHIM M. Asi, HISHAM Y. Qasrawi. 2015. *“Uso de áridos de escoria de acero en mezcla de hormigón asfáltico”*. Barcelona: Universidad Politécnica de Catalunya.

FIGUEROA CH. Ilich, MAMANI Q. Carlos. 2019. *“Diseño de carreteras afirmadas en base a escorias negras, provenientes de la planta de aceros Arequipa de Pisco, para zonas rurales”*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.

FRÍAS, M. y otros. 2010. *“Árido siderúrgico en hormigones: proceso de envejecimiento y su efecto en compuestos potencialmente expansivos”*. Materiales de Construcción, vol.60, 297, pp.33-66

JUÁREZ B. Eulalio y otros. 2003. *Mecánica de suelos, tomo II*. México: Editorial LIMUSA, 2003, pp. 343-431.

HERNANDEZ S. Roberto y otros. 2010. *Metodología de la investigación*. México: MC Braw Hill.

LEE, Ian K. y otros. Geotechnical engineering. Estados Unidos: Editorial Pitman, 1983) pp. 330 – 354.

LUCEN SOSA, Siclane. 2019. “*Aplicación de escoria siderúrgica para rehabilitar pavimentos flexibles en el Distrito de La Victoria-Lima 2018*”. Lima: Universidad Cesar Vallejo.

MANSO VILLALÁIN, J. y otros. 2006. “*Investigación de nuevos usos de la escoria de horno eléctrico de arco (EAF). La oportunidad de los hormigones*”. Hormigón y acero. N°241,3°trimestre, pp. 51-57.

MTC. 2014. *Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. Perú.

NORMAS Y EDIFICACIONES. 2012. *Determinación del índice de colapso de un suelo parcialmente saturado I.N.V.E.-157-07*. Colombia.

ORTEGA LÓPEZ, Vanesa. 2011. *Aprovechamiento de escoria blancas (LFS) y negras (EAFS) de acería eléctrica en la estabilización de suelos y en capas de firmes de caminos rurales*. Burgos: Universidad de Burgos

OSEDA G. Dulio y otros. 2015. *Metodología de la Investigación*. Huancayo: Editorial Pirámide. ISBN N° 568479854256

PÉRES COLLANTES, Carolina. 2012. “*Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de carbón para uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos*”. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.

PEREZ SIERRA, Edgar. 2015. *Evaluación de la escoria de horno como agregado*. Guatemala: s/n.

PEREZ VARCARCEL, Juan. *Mejora y consolidación de suelos*. Departamento de tecnología de la Construcción.

QUIPUSCO V. Frank, VILLEGAS V. Deiby. 2019. *“Efectos de sustituir agregado grueso convencional por siderúrgico en las propiedades físico-mecánicas de mezclas asfálticas en caliente”*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.

RONDÓN Q. Hugo, MUNIZ F. Marcio, REYES L. Fredy. 2018. *“Uso de alto horno y acero en mezclas asfálticas: revisión”*. Colombia: Universidad de Medellín.

RNE. 2019. Suelos y Cimentaciones E.050. Perú.

SIDERPERU. 2019. *Escoria de acero*. Chimbote: Revista de SIDERPERU

VALARINO, Elizabeth y otros. 2010. *Metodología de la Investigación paso a paso*. México: Editorial Trillas, 2010, reimp. 2015.

VILLALAZ C. 2004. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. Balderas, México.

ZELADA MUÑOZ, Rolando. 2016. *“Valoración económica de la escoria de horno eléctrico de SIDERPERU como productor alternativo a la piedra cantera en el sector construcción”*. Trujillo: Universidad Nacional de Trujillo.

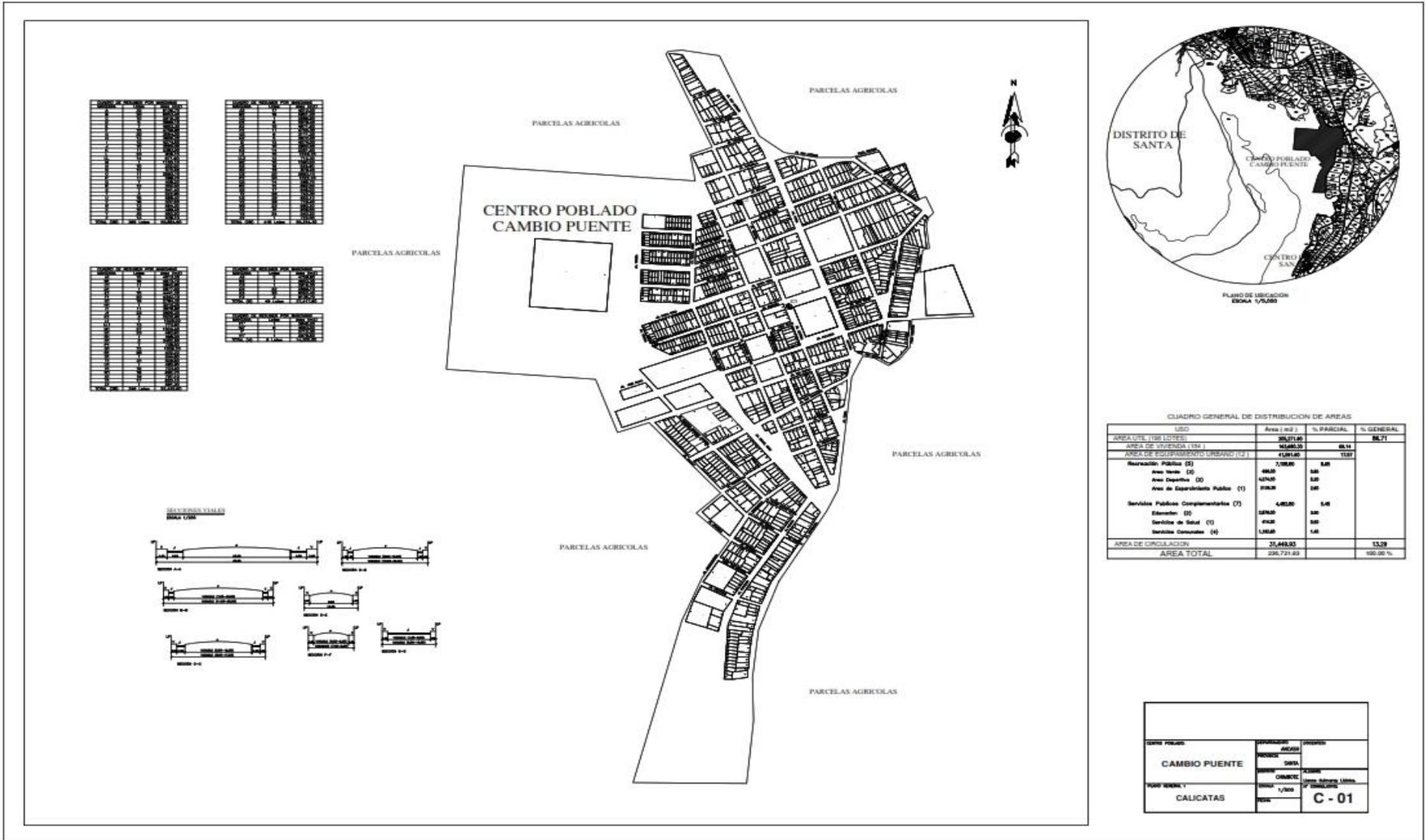
ANEXOS

ANEXO 1: Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE INDEPENDIENTE: DISEÑO DE MEZCLA DE SUELO	Es una muestra representativa del suelo donde elaboramos nuestro plan el cual está formado por diferentes estratos. MTC (2014).	Se hizo una calicata por km ya que es una carretera de bajo volumen de tránsito MTC (2014), de esa calicata obtendremos 3 muestras de mezcla de suelo, una para muestra patrón y 2 para los experimentales.	-El diseño de la muestra patrón. -Dosificación adicionando el 5% de la escoria de acero. -Dosificación adicionando el 10% de escoria de acero.	-Cantidad del 0% de escoria de acero con respecto al peso del suelo. -Cantidad del 5% de escoria de acero con respecto al peso del suelo. - Cantidad del 10% de escoria de acero con respecto al peso del suelo.	Razón
	El CBR está determinado como la fuerza solicitada para que un pistón normalizado penetre a una hondura definida, expresada en %	Esta variable ha sido medida con un molde en un recipiente con agua suficiente para cubrir por completo el molde luego se monta un trípode	CBR	> 3% subrasante inadecuada. ≥ al 3% a CBR <6% = subrasante pobre.	

<p>VARIABLE DEPENDIENTE:</p> <p>CAPACIDAD DE SOPORTE</p>	<p>de fuerza elemental para que el pistón penetre a dicha misma hondura y con igual rapidez, en una probeta normalizada conformada por una muestra patrón del material chancado.</p>	<p>con un extensómetro y se toma una lectura inicial a las 24 horas hasta los 96 horas para calcular el hinchamiento.</p>	<p>$\geq 6\%$ a CBR $<10\%$ = sub rasante regular.</p> <p>$\geq 10\%$ a CBR $<20\%$ = subrasante buena.</p> <p>$\geq 20\%$ a CBR $<30\%$ es =Sub rasante muy buena.</p> <p>$\geq 30\%$ es igual sub rasante Excelente. MTC (2014)</p>	<p>Ordinal</p>
--	--	---	---	----------------

ANEXO 2: Plano General de Cambio Punte



CUADRO GENERAL DE DISTRIBUCION DE AREAS

USO	Area (m ²)	% PARCIAL	% GENERAL
AREA UTIL (TODOS LOS USOS)	35,371.95		86.71
AREA DE VIVIENDA (H)	44,646.33	86.31	
AREA DE EQUIPAMIENTO URBANO (I)	4,181.65	10.01	
Recreación Pública (S)	7,185.85	8.88	
Area Verde (D)	68.00	0.16	
Area Deportiva (D)	14,745.00	18.00	
Area de Esparcimiento Público (I)	3,928.80	4.80	
Servicios Públicos Complementarios (V)	4,482.00	5.48	
Educación (E)	1,282.00	1.58	
Servicios de Salud (V)	1,928.00	2.38	
Servicios Comunitarios (V)	1,272.00	1.58	
AREA DE CIRCULACION	31,445.00	77.39	
AREA TOTAL	226,721.80	100.00 %	

CIUDAD	PROYECTO	FECHA
CAMBIO PUENTE	PLAN GENERAL	2008
PROYECTADO POR	ORGANISMO	FECHA DE APROBACION
CALICATAS	SECRETARIA DE OBRAS PUBLICAS Y SERVICIOS URBANOS	2008
ESCALA	PROYECTO	FECHA
1/500		
		C - 01

ANEXO 3: Panel Fotográfico.

FIGURA 1: Ubicación de SIDERPERU: $9^{\circ}03'58.1''$ S $78^{\circ}35'52.1''$ W

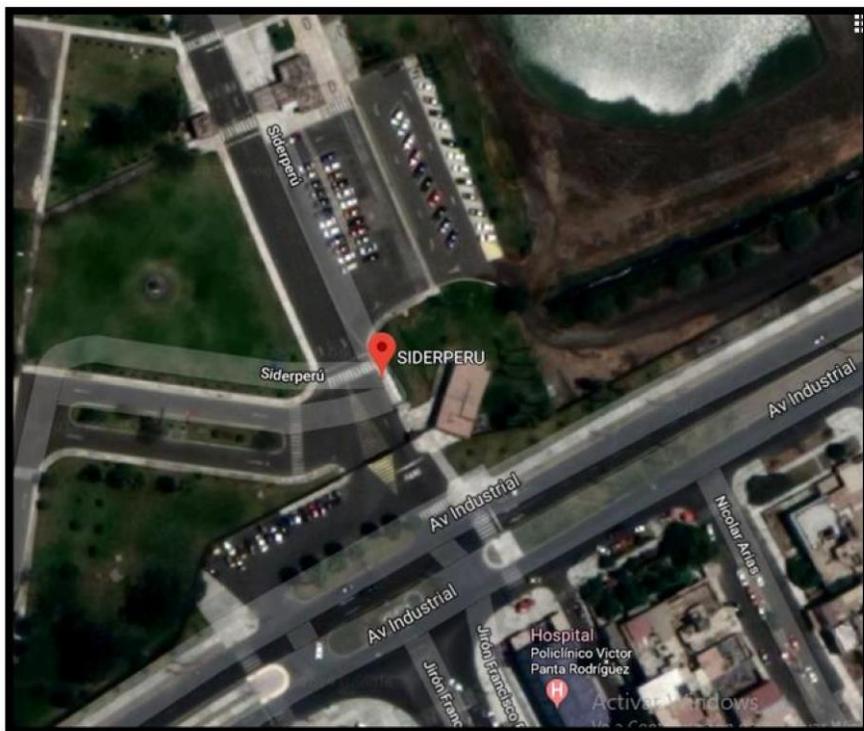


FIGURA 2: Ubicación de la Facultad de Ciencia Físicas UNMS: $12^{\circ}03'33.5''$ S $77^{\circ}04'54.2''$ W.

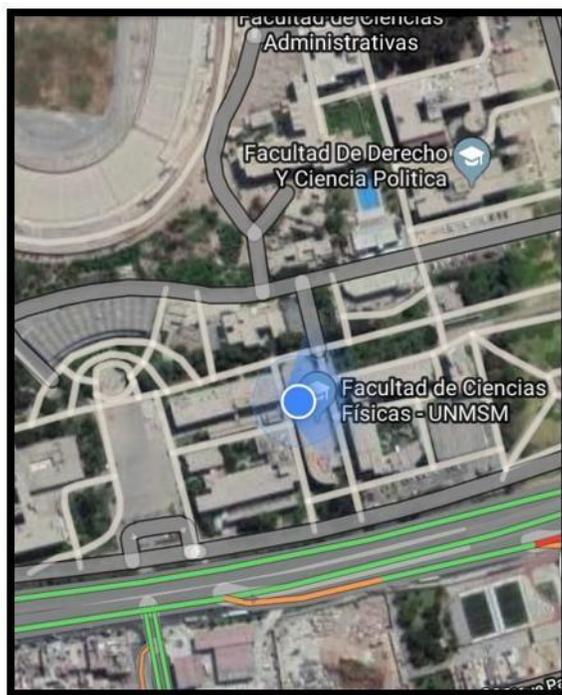




FIGURA 3: Obtención de la escoria proveniente de SIDERPERU



FIGURA 4: Dejando la muestra, para realizar el ensayo de fluorescencia de Rayos X, pabellón de Facultad de Ciencias Físicas-Universidad Mayor de San Marcos.

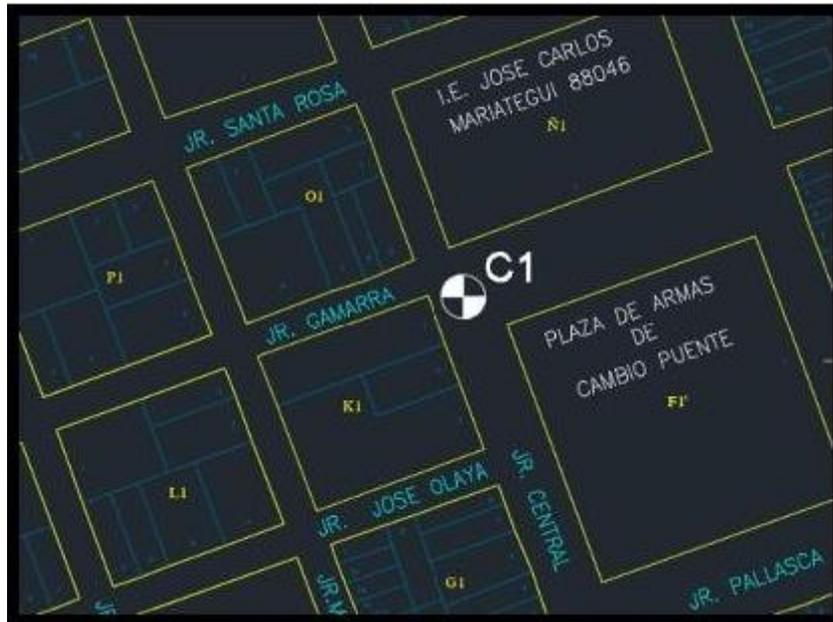


FIGURA 5: Punto de la Calicata N°01 entre el Jr. Gamarra y el Jr. Central



FIGURA 6: Extracción de suelo de la calicata N°01



FIGURA 7: Punto de la Calicata N°02 entre el Jr. Bolívar y el Jr. Central

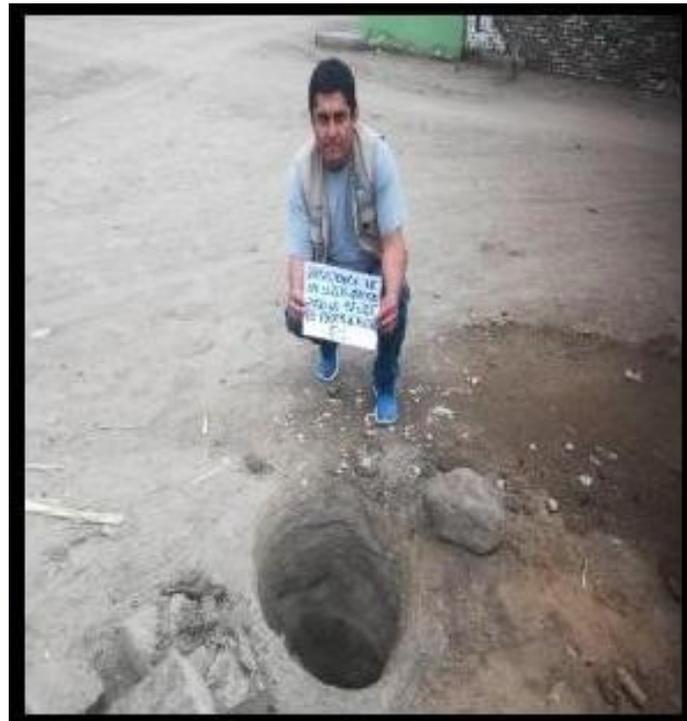


FIGURA 8: Extracción de la calicata N°02, con el Técnico del laboratorio Esteban Aguirre.



FIGURA 9: Punto de la Calicata N°03 entre el Jr. Twinza y el Jr. Gamarra



FIGURA 10: Extracción de suelo de la calicata N°03, con un morador del centro poblado Cambio Puente.



FIGURA 11: Realizando el ensayo de Proctor Modificado



FIGURA 12: Combinación del suelo patrón + la escoria de acero.



FIGURA 13: Añadiendo el agua a la muestra experimental para realizar el CBR.

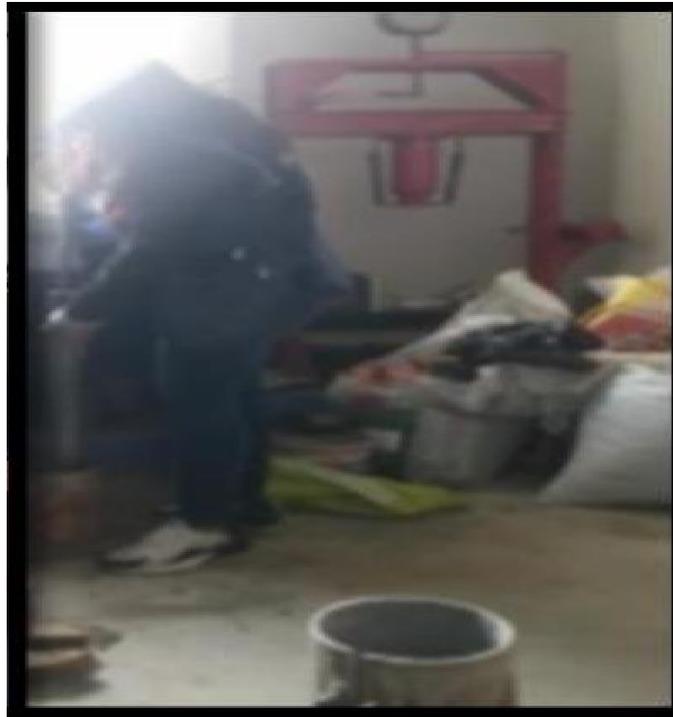


FIGURA 14: Realizando los golpes respectivos con el pisón para el CBR.



FIGURA 15: Elaboración de penetración.

ANEXO 4: Resultados de ensayos del Laboratorio.



UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS

(Universidad del Perú, Decana de América)

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS

Laboratorio de Archeometría

Informe N°021-LAQ/2019

Análisis de escoria de acería negra por FRXDE

Introducción.

Se analizó por fluorescencia de rayos-X dispersiva en energía (FRXDE) una muestra de escoria de acería negra a pedido de la Srta. **Llanos Quimaray, Lizinka Xiomara**, alumna de la Universidad San Pedro, sede Chimbote, y como parte de su proyecto de tesis titulada:

“Resistencia de un Suelo a Nivel de Subrasante Adicionando un 10% y 20% de Escoria de Acería Negra en el Tramo Cambio Puente - Chimbote.”

La muestra está en forma de granos grandes de color gris. Para el ensayo se usó polvo de malla de 170 micrones.

Arreglo experimental.

Se utilizó un espectrómetro de FRXDE marca Amptek con ánodo de oro que operó a un voltaje de 30 kV y una corriente de 15 μ A. Los espectros se acumularon durante un intervalo neto de 300 s utilizando 2048 canales, con ángulos de incidencia y salida de alrededor de 45°; distancia muestra a fuente de rayos-X de 4 cm y distancia de muestra a detector de 2 cm aprox. La tasa de conteo, la cual depende de la geometría del arreglo experimental y de la composición elemental de la muestra, fue de alrededor de 6590 cts/s.

Esta técnica de FRXDE permite detectar la presencia de elementos químicos de número atómico Z igual y mayor que 13 mediante la detección de los rayos-X característicos que emiten los átomos. Las energías de estos rayos-X característicos aumentan con el valor de Z y pueden ser detectados siempre y cuando posean suficiente energía para poder penetrar la ventana del detector. Por esta limitación los picos de Na (Z=11) y Mg (Z=12) no pueden ser registrados en el espectro.

La fuente de rayos-X utilizada emite rayos-X en dos componentes: un espectro con una distribución continua de 0 a 30 keV, y la otra que contiene los rayos-X característicos del tipo L y M de oro que se producen por el bombardeo del ánodo por electrones energéticos. Como



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

consecuencia de esto, los espectros de FRXDE poseen tres componentes principales: una componente continua que es consecuencia de la dispersión por la muestra de los rayos-X de la componente continua de la fuente, un espectro discreto producido por la dispersión en la muestra de los rayos-X característicos de oro de la fuente, y el espectro discreto de los rayos-X característicos emitidos por la muestra de acuerdo a los elementos que contiene..

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

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

Resultados.

En la Figura 1 se muestra el espectro de FRXDE de esta muestra de escoria de acería negra. La línea roja representa el espectro experimental y la línea azul el espectro calculado. Cubre el rango de energías de 1 a 18 keV que es el rango de interés en este estudio. En el espectro se puede observar la presencia del pico de argón, que es un gas inerte presente en el aire que respiramos. En general, cada pico identifica un elemento químico, comenzando por la izquierda con el pico de Al, seguido del pico de Si y así sucesivamente a medida que aumentan el número atómico y la energía.

La Tabla 1 muestra los resultados del análisis elemental de esta muestra. Las concentraciones están dadas en % de la masa total en términos de los óxidos más estables que se pueden formar en un proceso de calcinación. La suma en términos de contenido de óxidos es memoor



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

que 100%. Es probable que la muestra esté constituida en parte por compuestos de Na y Mg que esta técnica no puede detectar y/o diferentes de óxidos y/o hay una deficiencia en la calibración del instrumento., Para mayores detalles sobre la composición estructural de la muestra se sugiere hacer un análisis por difracción de rayos-X.

Tabla 1. Composición elemental de una muestra de escoria de acería negra en % de masa.

Óxido	Concentración % masa	Normalizado al 100%
Al ₂ O ₃	5.149	6.614
SiO ₂	21.627	27.781
SO ₂	0.652	0.838
ClO ₂	0.707	0.909
K ₂ O	0.279	0.359
CaO	22.800	29.288
TiO ₂	0.352	0.453
V ₂ O ₅	0.018	0.018
Cr ₂ O ₃	0.443	0.569
MnO	2.143	2.763
Fe ₂ O ₃	20.382	26.182
Ni ₂ O ₃	0.035	0.045
CuO	1.204	1.547
ZnO	1.918	2.464
As ₂ O ₅	0.007	0.007
SrO	0.046	0.075
Y ₂ O ₃	0.003	0.003
ZrO ₂	0.015	0.019
Nb ₂ O ₅	0.009	0.011
BaO	0.057	0.074
PbO	0.041	0.053
Total	77.890	100.00



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

FACULTAD DE CIENCIAS FÍSICAS
Laboratorio de Arqueometría

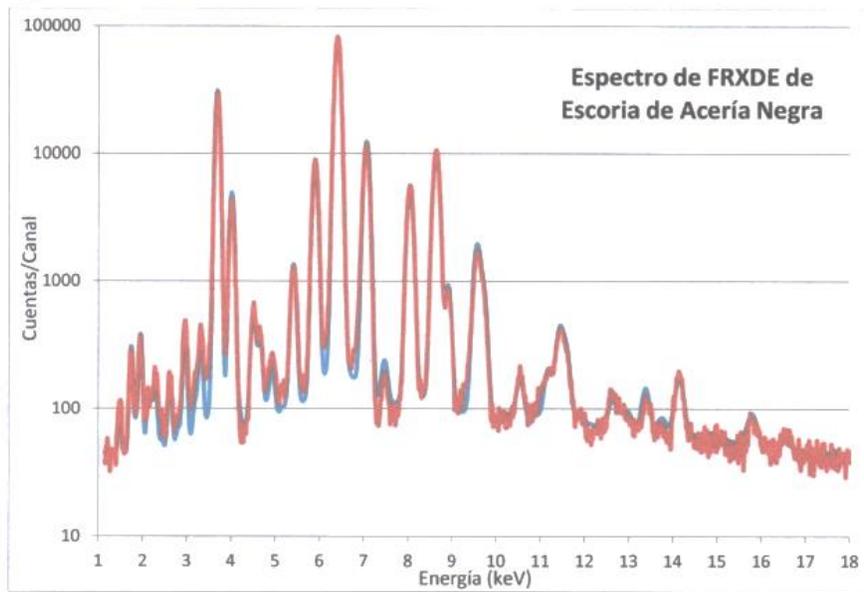


Figura 1. Espectro de FRXDE de escoria de acería negra cenizas de hojas de molle en escala semi logarítmica. Incluye el pico de Ar del aire y los picos de rayos-X de Au dispersados por la muestra. La curva en azul muestra el espectro simulado

Investigador Responsable:

Dr. Jorge A. Bravo Cabrejos
Laboratorio de Arqueometría



Lima, 06 de mayo del 2019



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MUESTRA : CALICATA - 1
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

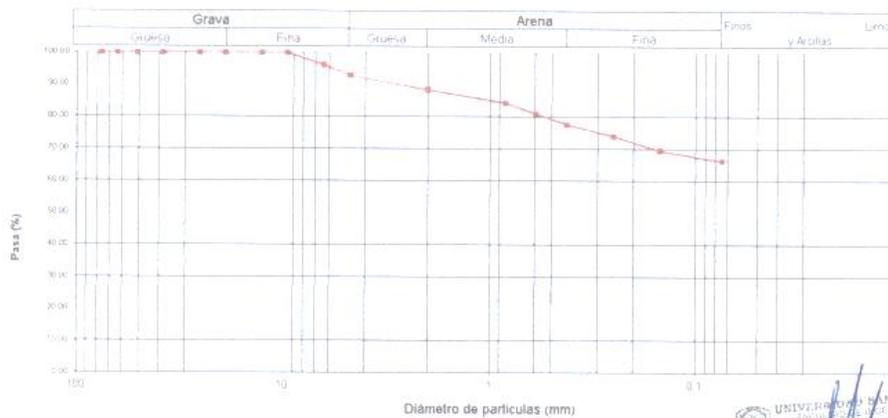
Peso Seco Inicial	6610	gr.
Peso Seco Lavado	2224.0	gr.
Peso perdido por lavado	4386.0	gr.

CALICATA - 1
M - 1
PROF : 1.50

Tamiz/Apertura	Peso Retenido (gr.)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Clasificación AAHSTO
N° 2 1/2"	76.20	0.0	0.0	100.0	Material grueso-gravoso Fibra a male como subgrado A-4 Suelo arenoso
2"	50.80	0.0	0.0	100.0	
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	100.0	
1"	22.50	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0	Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas finas
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.30	242.0	3.7	96.3	Lima más finidad según M.
N° 4	4.75	226.0	3.4	92.9	
N° 10	2.00	288.0	4.4	88.6	
N° 20	0.850	272.0	4.1	84.4	
N° 30	0.600	224.0	3.4	81.1	
N° 40	0.425	222.0	3.4	77.7	
N° 60	0.250	234.0	3.5	74.2	
N° 100	0.150	290.0	4.4	69.8	
N° 200	0.075	226.0	3.4	66.4	
< 200	4386.0	66.4	100.0	0.0	
Total	6610.0			100.0	

Limite líquido LL	0
Limite plástico LP	0
Índice plástico PI	0

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 CENTRO DE INVESTIGACIONES Y DESARROLLO TECNOLÓGICO
 Ing. Miguel Solar-Jara



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MUESTRA : CALICATA - 2
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

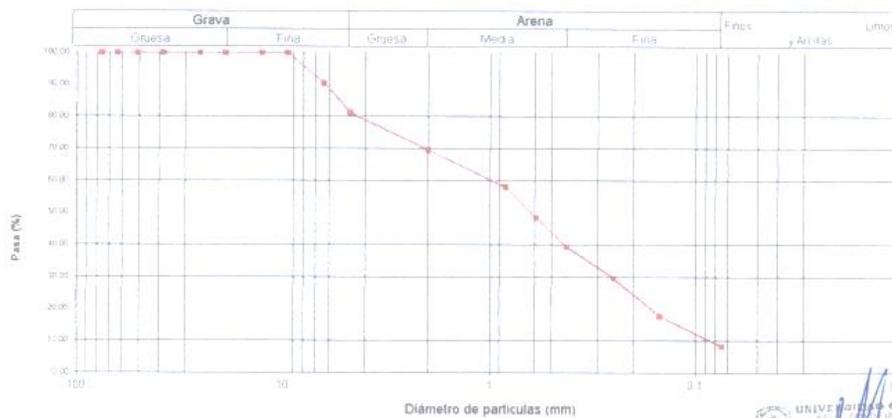
Peso Seco Inicial	2320	gr
Peso Seco Lavado	2122.0	gr
Peso perdido por lavado	198.0	gr

CALICATA - 2
M - 1
PROF : 1.50

Tamiz(Apertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificación AASTO
N° 2 1/2"	76.20	0.0	0.0	100.0	Material granular Excluye a buena 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	0.0	0.0	100.0	
3/4"	19.00	0.0	0.0	100.0	
1/2"	12.50	0.0	0.0	100.0	
3/8"	9.50	0.0	0.0	100.0	
1/4"	6.30	218.0	9.4	90.6	
N° 4	4.75	214.0	9.2	81.4	
N° 10	2.00	272.0	11.7	69.7	
N° 20	0.850	268.0	11.6	58.1	Pasa tamiz N° 4 (%) : 81.4
N° 30	0.600	218.0	9.4	48.7	Pasa tamiz N° 200 (%) : 8.5
N° 40	0.425	210.0	9.1	39.7	D60 (mm) : 1.03
N° 60	0.250	230.0	9.9	29.7	D30 (mm) : 0.254
N° 100	0.150	276.0	11.9	17.8	D10 (mm) : 0.085
N° 200	0.075	216.0	9.3	8.5	Cu : 12.1
< 200	198.0	8.5	100.0	0.0	Cc : 0.736
Total	2320.0			100.0	

Limite líquido LL	0
Limite plástico LP	0
Índice plasticidad IP	0

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 Los Mochis (Perú) - Encaya (Perú)
 Mg. Miguel Solar Jara
 M.E.



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERÍA
 MUESTRA CALICATA - 3
 LUGAR CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA 13/08/2019

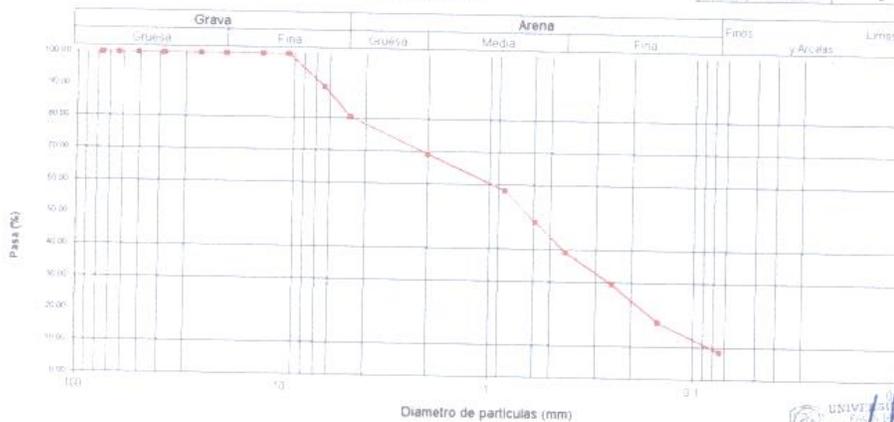
Peso Seco Inicial	2328	gr.
Peso Seco Lavado	2126.0	gr.
Peso perdido por lavado	202.0	gr.

CALICATA - 3
M - 1
PROF - 1.50

Tamiz (Abertura)	Peso Retenido (gr.)	Retenido Parcial (%)	Retenido Acumulado (%)	Pasante (%)	Clasificación AASHTO
N° 2 1/2" (76.20)	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a buena como subgrado A 1-b Fragmentos de roca, grava y arena
2" (50.80)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2" (37.50)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1" (22.50)	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/4" (19.00)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/2" (12.50)	0.0	0.0	0.0	100.0	
3/8" (9.50)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1/4" (6.30)	234.0	10.1	10.1	89.9	
N° 4 (4.75)	214.0	9.2	19.2	80.8	
N° 10 (2.00)	266.0	11.4	30.7	69.3	
N° 20 (0.850)	256.0	11.0	41.7	58.3	Clasificación (S.U.C.S.) Suelo de partículas gruesas (Nomenclatura con símbolo doble) Arena med. graduada con limo con grava (SP SM)
N° 30 (0.600)	222.0	9.5	51.2	48.8	
N° 40 (0.425)	216.0	9.3	60.5	39.5	
N° 60 (0.250)	228.0	9.8	70.3	29.7	
N° 100 (0.150)	276.0	11.9	82.1	17.9	
N° 200 (0.075)	214.0	9.2	91.3	8.7	
< 200	202.0	8.7	100.0	0.0	
Total	2328.0			100.0	

Valor de índice de grupo (IG)	
Pasa tamiz N° 4 (%)	80.6
Pasa tamiz N° 200 (%)	8.7
D60 (mm)	1.02
D30 (mm)	0.255
D10 (mm)	0.084
Cu	12.0
Cc	0.757
Límite líquido (LL)	0
Límite plástico (LP)	0
Índice de plasticidad (IP)	0

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 Ing. *[Signature]* Solar Jara
 ICFE



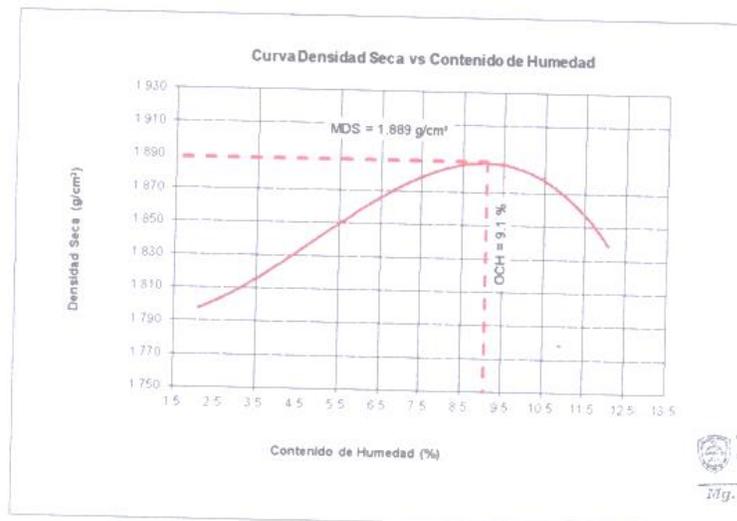
PROCTOR MODIFICADO- PATRON

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL
 CALICATA : 1
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg cm / cm ²		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3754	3854	3975	3977
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1814.0	1914.0	2035.0	2037.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.836	1.937	2.060	2.062
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	502.0	500.0	569.0	759.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	493.0	479.0	537.0	699.0
09 - Peso del agua (g)	9.0	21.0	32.0	60.0
10 - Peso del tarro (g)	64.0	64.0	186.0	204.0
11 - Peso suelo seco (g)	429.0	415.0	351.0	495.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.1	5.1	9.1	12.1
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.798	1.843	1.888	1.839

Contenido Optimo Humedad **9.1 %** Densidad Seca Maxima, **1.889 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Mg. Rigoberto Solar Jara



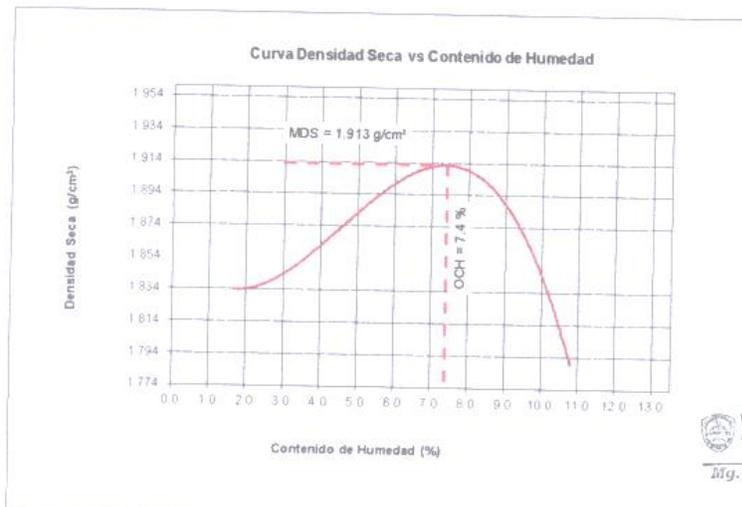
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 5%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL + ADICION 5%
 CALICATA : 1
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3783	3861	3975	3900
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1843.0	1921.0	2035.0	1960.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.865	1.944	2.060	1.984
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	604.0	570.0	925.0	567.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	595.0	551.0	866.0	532.0
09 - Peso del agua (g)	9.0	19.0	59.0	35.0
10 - Peso del tarro (g)	64.0	100.0	100.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	531.0	451.0	766.0	323.0
12 - Contenido de Humedad (%)	1.7	4.2	7.7	10.8
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.834	1.866	1.912	1.790

Contenido Optimo Humedad 7.4 % Densidad Seca Maxima, 1.913 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



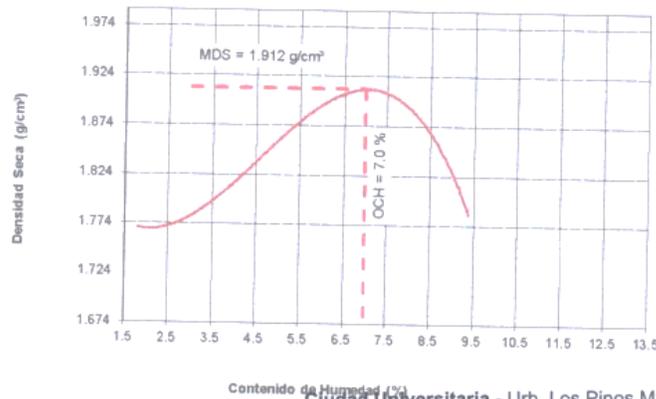
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 10%
NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL + ADICION 10%
 CALICATA : 1
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar		25		
		27.7 Kg.cm / cm ³		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3720	3778	3950	3870
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1780.0	1838.0	2010.0	1930.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.802	1.860	2.034	1.953
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	406.0	546.0	848.0	418.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	400.0	531.0	802.0	400.0
09 - Peso del agua (g)	6.0	15.0	46.0	18.0
10 - Peso del tarro (g)	64.0	100.0	100.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	336.0	431.0	702.0	191.0
12 - Contenido de Humedad (%)	1.8	3.5	6.6	9.4
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.770	1.797	1.908	1.786

Contenido Optimo Humedad **7.0 %** Densidad Seca Maxima, **1.912 g/cm³**

Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LOS PINOS MZ. B S/N - CHIMBOTE
 Mg. Miguel Solar Jara
 I.E.F.L.



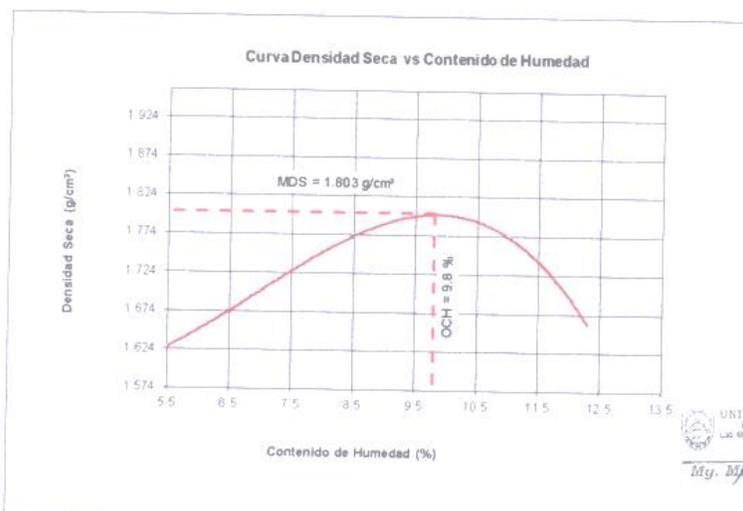
PROCTOR MODIFICADO- PATRON

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL
 CALICATA : 2
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3600	3655	3829	3784
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1660.0	1715.0	1889.0	1844.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.680	1.736	1.912	1.866
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	466.0	445.0	514.0	714.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	456.0	424.0	489.0	658.0
09 - Peso del agua (g)	10.0	21.0	25.0	56.0
10 - Peso del tarro (g)	67.0	64.0	186.0	204.0
11 - Peso suelo seco (g)	389.0	360.0	303.0	454.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.6	5.8	8.3	12.3
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.638	1.641	1.765	1.662

Contenido Optimo Humedad **9.8 %** Densidad Seca Maxima, **1.803 g/cm³**





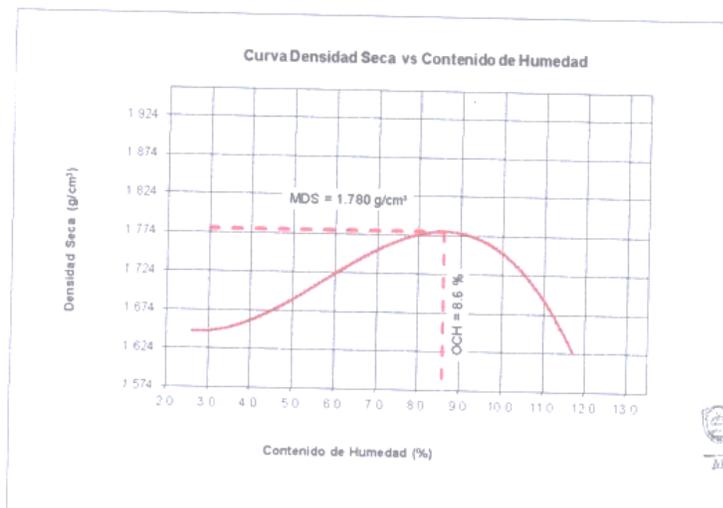
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 5%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL + ADICION 5%
 CALICATA : 2
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3610	3703	3845	3735
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1670.0	1763.0	1905.0	1795.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.690	1.784	1.928	1.817
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	466.0	670.0	740.0	556.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	456.0	640.0	697.0	519.0
09 - Peso del agua (g)	10.0	30.0	43.0	37.0
10 - Peso del tarro (g)	67.0	64.0	186.0	204.0
11 - Peso suelo seco (g)	389.0	576.0	511.0	315.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.6	5.2	8.4	11.7
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.647	1.696	1.779	1.627

Contenido Optimo Humedad **8.6 %** Densidad Seca Maxima, **1.780 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Miguel Solar Jara
 Jefe



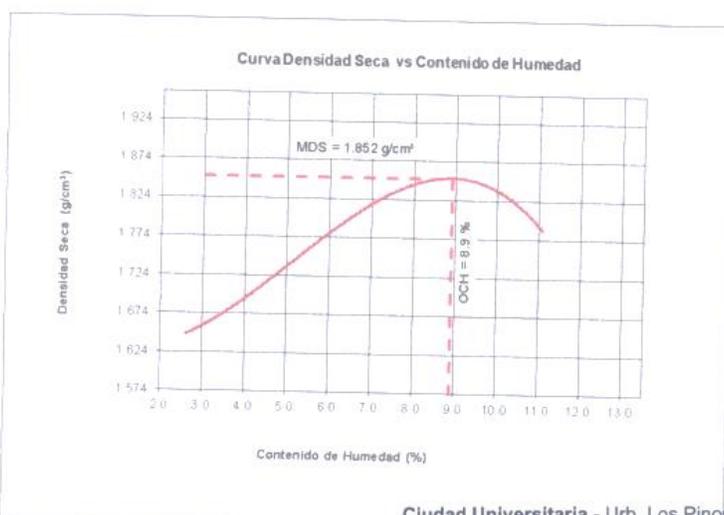
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 10%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL + ADICION 10%
 CALICATA : 2
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3610	3761	3912	3902
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1670.0	1821.0	1972.0	1962.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.690	1.843	1.996	1.986
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	466.0	555.0	930.0	569.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	456.0	532.0	868.0	533.0
09 - Peso del agua (g)	10.0	23.0	62.0	36.0
10 - Peso del tarro (g)	67.0	100.0	100.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	389.0	432.0	768.0	324.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.6	5.3	8.1	11.1
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.647	1.750	1.846	1.787

Contenido Optimo Humedad 8.9 % Densidad Seca Maxima 1.852 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Mg. Miguel Solar Jara
 JEFE



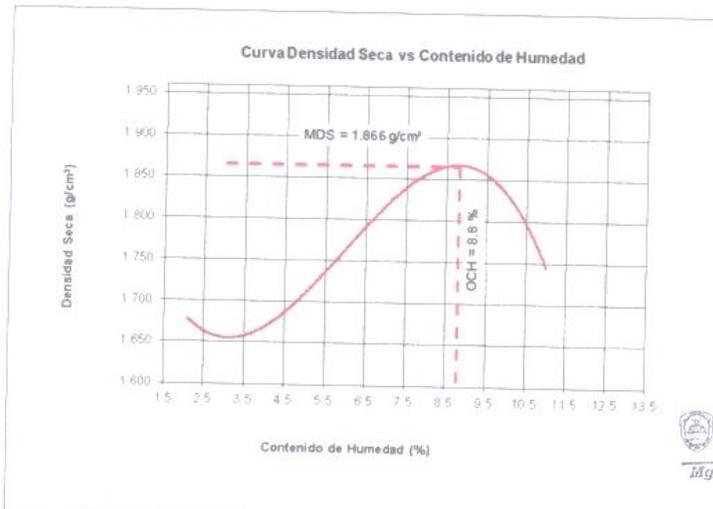
PROCTOR MODIFICADO- PATRON

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL
 CALICATA : 3
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2018

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar		27.7 Kg.cm / cm ³		
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3634	3736	3925	3855
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1694.0	1796.0	1985.0	1915.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.715	1.818	2.009	1.938
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	502.0	439.0	506.0	708.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	493.0	420.0	482.0	658.0
09 - Peso del agua (g)	9.0	19.0	24.0	50.0
10 - Peso del tarro (g)	64.0	64.0	186.0	204.0
11 - Peso suelo seco (g)	429.0	356.0	296.0	454.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.1	5.3	8.1	11.0
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.679	1.726	1.859	1.746

Contenido Optimo Humedad **8.8 %** Densidad Seca Maxima, **1.866 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Ing. Miguel Solar Jara
 J.P.E.



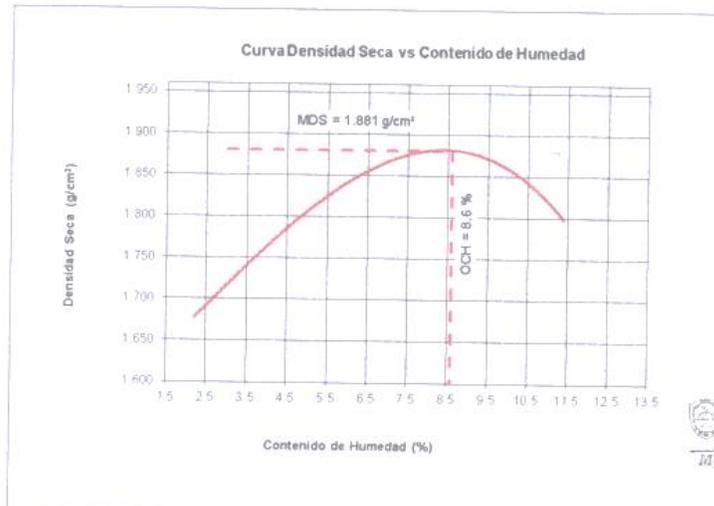
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 5%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL 5% ADICION
 CALICATA : 3
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Numero de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3634	3831	3957	3920
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1694.0	1891.0	2017.0	1980.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.715	1.914	2.041	2.004
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	632.0	439.0	505.0	688.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	620.0	420.0	480.0	638.0
09 - Peso del agua (g)	12.0	19.0	25.0	50.0
10 - Peso del tarro (g)	64.0	64.0	186.0	200.0
11 - Peso suelo seco (g)	556.0	356.0	294.0	438.0
12 - Contenido de Humedad (%)	2.2	5.3	8.5	11.4
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.678	1.818	1.882	1.799

Contenido Optimo Humedad **8.6 %** Densidad Seca Maxima, **1.881 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
 Mg. Mily Solar Jara
 J.M.E.



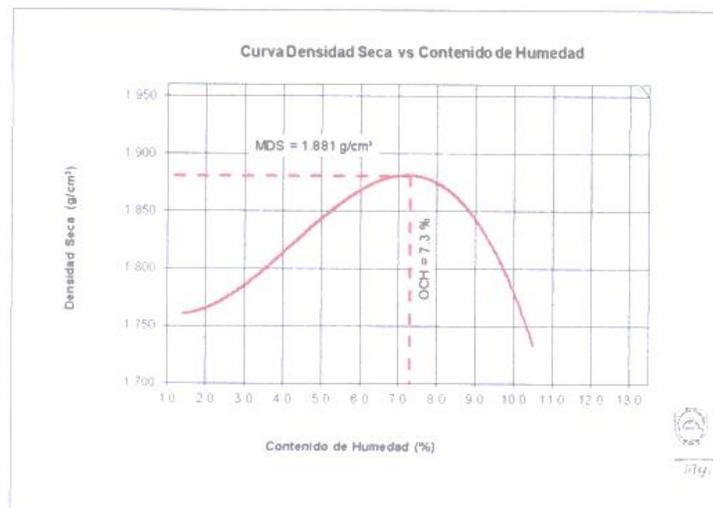
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 10%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS : RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL : TERRENO NATURAL 10% ADICION
 CALICATA : 3
 LUGAR : CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA : 13/08/2019

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg cm / cm ²			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3704	3809	3940	3833
02 - Peso del Molde (g)	1940.0	1940.0	1940.0	1940.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1764.0	1869.0	2000.0	1893.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	988.0	988.0	988.0	988.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	1.785	1.892	2.024	1.916
06 - Tarro N°	01	01	02	03
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	699.0	427.0	499.0	672.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	690.0	414.0	470.0	628.0
09 - Peso del agua (g)	9.0	13.0	29.0	44.0
10 - Peso del tarro (g)	64.0	100.0	100.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	626.0	314.0	370.0	419.0
12 - Contenido de Humedad (%)	1.4	4.1	7.8	10.5
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.761	1.817	1.878	1.734

Contenido Optimo Humedad 7.3 % Densidad Seca Maxima, 1.881 g/cm³



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Ing. *[Signature]* Estefanía Jara



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-PATRON
NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA LILIANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL TERRENO NATURAL
 CALICATA 2
 LUGAR CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCAASH
 FECHA 13/08/2019

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)	8,362.0	8,052.0	7,916.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,195.0	3,948.8	3,760.0			
04 - Volumen de molde, cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.951	1.857	1.773			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	835.0	734.0	772.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	781.0	678.0	712.0			
09 - Peso del agua (g)	54.0	56.0	60.0			
10 - Peso del tarro (g)	200.0	76.0	68.0			
11 - Peso suelo seco (g)	581.0	602.0	644.0			
12 - Contenido de humedad (%)	9.29	9.3	9.3			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.785	1.699	1.622			
Expansión, %						
Absorcion						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,195.0	3,948.8	3,760.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,484.5	8,158.2	8,022.3			
03 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,297.5	4,055.0	3,866.3			
05 - Peso del agua absorvida (g)	102.5	106.2	106.3			
06 - Peso del suelo seco (g)	3,838.3	3,612.7	3,439.5			
07 - Absorción de agua (%)	2.67	2.94	3.090			
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	6.0	53.4	4.0	44.9	3.0	40.7
1.3	14.0	87.4	11.0	74.7	8.0	61.9
1.9	27.0	142.6	22.0	121.4	15.0	91.7
2.5	45.0	219.13	37.0	185.14	24.0	129.90
3.2	51.0	244.6	45.0	219.1	29.0	151.1
3.8	62.0	291.4	52.0	248.9	33.0	168.1
5.08	70.0	325.4	57.0	270.1	39.0	193.6
7.6	79.0	363.6	68.0	316.9	48.0	231.9
10.16	90.0	410.3	87.0	397.6	69.0	321.1
12.7	121.0	542.1	108.0	486.8	82.0	376.3
Carga [%]	219.13 kgf. [16.1%]		185.14 kgf. [13.6%]		129.9 kgf. [9.5%]	

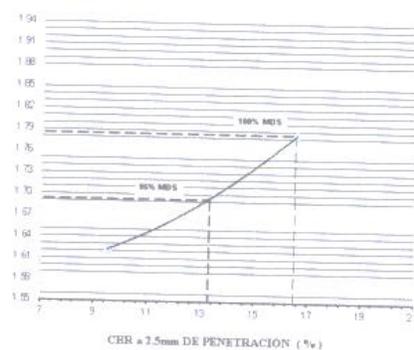
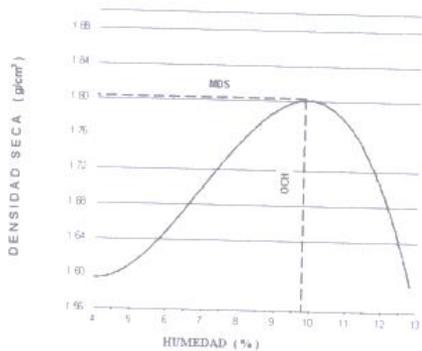


Mg. Miguel Solar Jara



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- PATRON

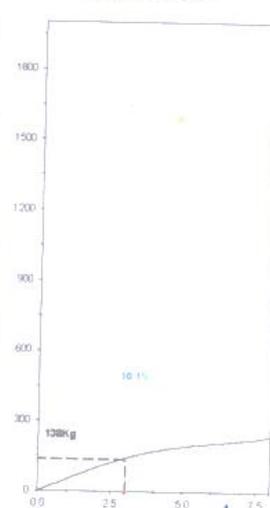
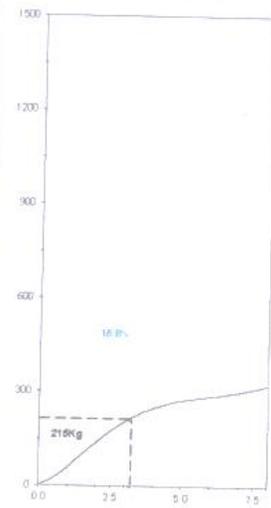
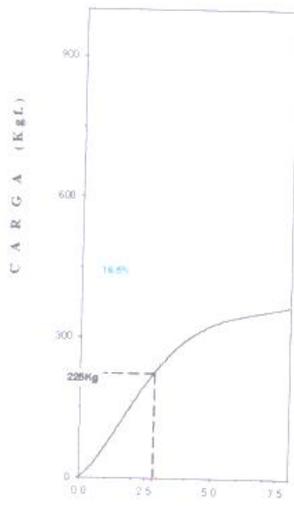
NOMBRE	LLANOS OMBARA Y LUENA	METODO DE COMPACTACION (ASTM D-1557)	A
TESIS	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERBA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.803
MATERIAL	TERRENO NATURAL	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.8
CALICATA	2	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	16.5
UBICACION	CAMINO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA ANA - ANCAASH	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	13.3
FECHA	13-Ago-2019	SUCS	LL IP C _s
		AASHTO	EMBEBIDO 4 dias EXPANSION
		ABSORCION	2.7% HUMEDAD DE PENETRACION 12.5%



EC = 56.00LPIE (1.21 Kg/cm²)

EC = 23.90LPIE (13.2 Kg/cm²)

EC = 42.00LPIE (4.1 Kg/cm²)



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales
Mg. Miguel Solar Jara
JUEVE



**RELACION DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 5%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA: LLANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS: RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL: TERRENO NATURAL
 CALICATA: 2
 LUSAR: CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA: 13/09/2019

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)	8,362.0	8,052.0	7,716.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,195.0	3,948.8	3,560.0			
04 - Volumen de molde. cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.951	1.857	1.678			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	732.0	766.0	527.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	690.0	712.0	491.0			
09 - Peso del agua (g)	42.0	54.0	36.0			
10 - Peso del tarro (g)	198.0	79.0	69.0			
11 - Peso suelo seco (g)	492.0	633.0	422.0			
12 - Contenido de humedad (%)	8.54	8.5	8.5			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.798	1.711	1.547			
Expansión, %						
Absorcion						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,195.0	3,948.8	3,560.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	6,446.6	6,137.9	7,799.6			
03 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,279.6	4,034.7	3,643.6			
05 - Peso del agua absorvida (g)	84.6	85.9	83.6			
06 - Peso del suelo seco (g)	3,865.1	3,638.4	3,280.2			
07 - Absorción de agua (%)	2.19	2.36	2.550			
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	12.0	78.9	7.0	57.7	5.0	49.2
1.3	20.0	112.9	18.0	104.4	9.0	66.2
1.9	31.0	159.6	29.0	151.1	17.0	100.2
2.5	55.0	261.62	42.0	206.38	29.0	151.15
3.2	86.0	308.4	49.0	236.1	34.0	172.4
3.8	70.0	325.4	58.0	274.4	40.0	197.9
5.08	85.0	389.1	65.0	304.1	45.0	219.1
7.6	94.0	427.3	73.0	338.1	52.0	248.9
10.16	109.0	491.1	86.0	401.8	67.0	312.6
12.7	127.0	567.6	103.0	465.6	79.0	363.6
Carga [%]	261.62 kgf. [19.2%]		206.38 kgf. [15.2%]		151.15 kgf. [11.1%]	

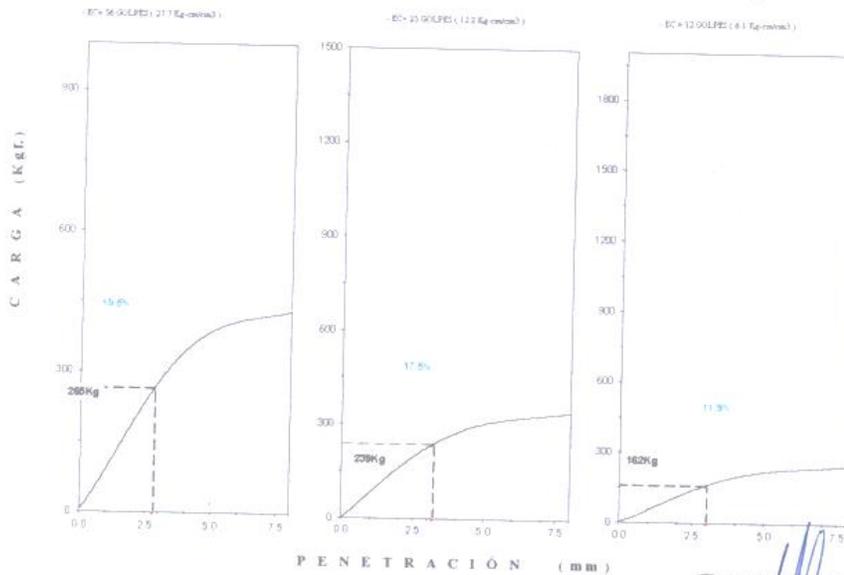
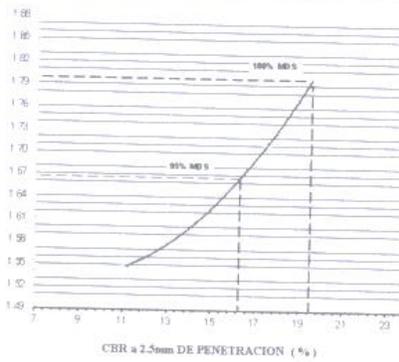
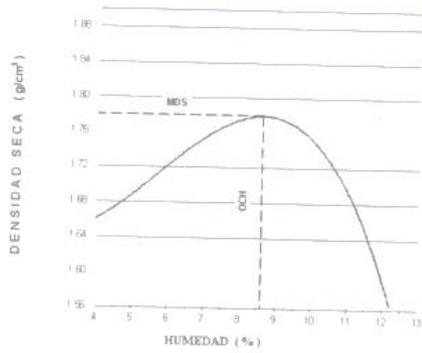


Mg. Miguel Solar Jara
 JUNIO



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 5%

NOMBRE	LLANOS GUIMARAY LLONJA	MÉTODO DE COMPACTACIÓN	(ASTM D-1557)	A
TECIS	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA	(g/cm ³)	1.780
	ADORNANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ALDERA	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	8.6
MATERIAL	TERRENO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M D S	(%)	19.6
CALICATA	2	CBR AL 95% DE LA M D S	(%)	16.3
UBICACIÓN	CAMINO FUENTE - OMBOTE - SANTA ANA - ANCASH	SUCS	LL	IP
	FECHA: 13 Ago 2019	AASHTO	EMBEUDO	4.000
		ABSORCIÓN	2.2 %	EXPANSIÓN
				HUMEDAD DE PENETRACIÓN
				10.8 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 10%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA LLANDS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL TERRENO NATURAL
 CALICATA 2
 LUGAR CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCAISH
 FECHA 13/08/2019

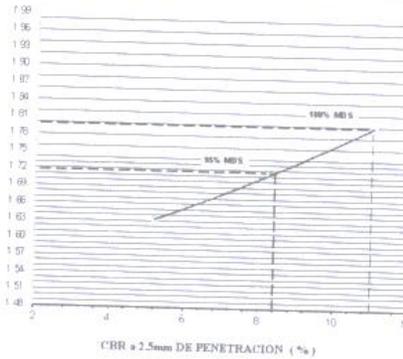
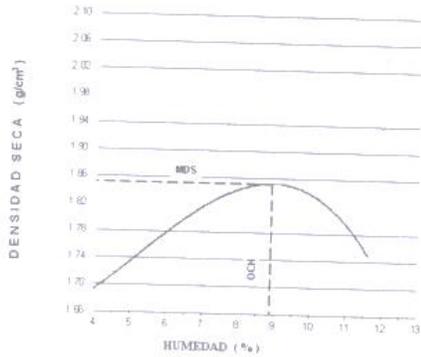
Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energia Compactacion (kg-cm)/cm ³	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,362.0	8,052.0	7,916.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,158.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,195.0	3,948.8	3,760.0			
04 - Volumen de molde, cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.951	1.857	1.773			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	732.0	766.0	527.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	690.0	712.0	491.0			
09 - Peso del agua (g)	42.0	54.0	36.0			
10 - Peso del tarro (g)	198.0	79.0	69.0			
11 - Peso suelo seco (g)	492.0	633.0	422.0			
12 - Contenido de humedad (%)	8.54	8.5	8.5			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.798	1.711	1.633			
Expansión, %						
Absorcion						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,195.0	3,948.8	3,760.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,446.6	8,137.9	8,004.3			
03 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,279.6	4,034.7	3,848.3			
05 - Peso del agua absorvida (g)	84.6	85.9	88.3			
06 - Peso del suelo seco (g)	3,885.1	3,638.4	3,464.5			
07 - Absorción de agua (%)	2.19	2.36	2.550			
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	5.0	49.2	4.0	44.9	3.0	40.7
1.3	8.0	61.9	8.0	61.9	5.0	49.2
1.9	18.0	104.4	10.0	70.4	7.0	57.7
2.5	21.0	117.15	13.0	83.16	10.0	70.41
3.2	35.0	176.6	26.0	138.4	16.0	95.9
3.8	48.0	231.9	44.0	214.9	24.0	129.9
5.08	61.0	287.1	58.0	274.4	34.0	172.4
7.6	85.0	389.1	74.0	342.4	42.0	206.4
10.16	122.0	546.3	110.0	495.3	85.0	304.1
12.7	152.0	673.8	143.0	635.5	88.0	401.8
Carga [%]	117.15 kgf. [8.6%]		83.16 kgf. [6.1%]		70.41 kgf. [5.2%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Mg. Miguel Solar Jara



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 10%

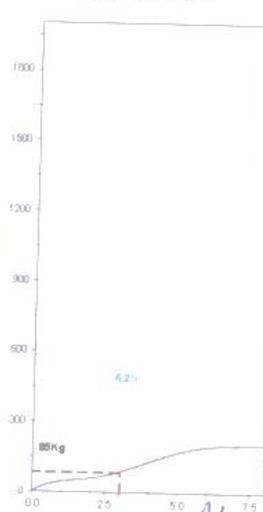
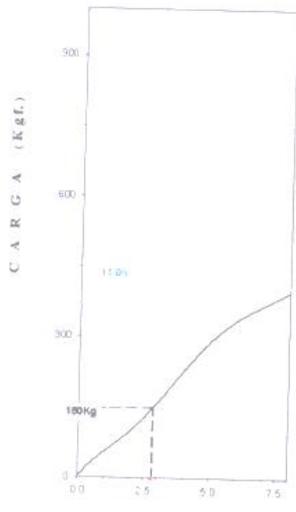
NOMBRE	LUANOS OMBAYA Y UZUNA	METODO DE COMPACTACION (ASTM D-1557)	A
TEMA	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERNA	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.852
MATERIAL	TERRENO NATURAL	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.9
LOCALIDAD	CHIMBOTE SANTA ANGLASH	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	11.0
FECHA	13-Ago-2019	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	6.4
		SUCS	
		AASHTO	
		EMBEEDO	4.9as
		EXPANSION	
		ABSORCION	2.2 %
		HUMEDAD DE PENETRACION	11.1 %



EO= 56 GOLPES (27.7 Kg-contrad)

EO= 20 GOLPES (12.2 Kg-contrad)

EO= 12 GOLPES (6.1 Kg-contrad)



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Sblar Jara



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-PATRON
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA LLANOS GUIMARAY LIZINKA
TESIS RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
DE ESCORIA DE ACERIA
MATERIAL TERRENO NATURAL
CALICATA 1
LUGAR CAMBIO FUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA 13/08/2019

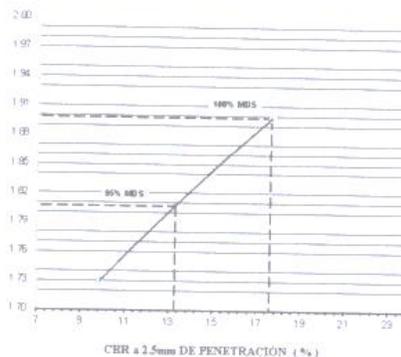
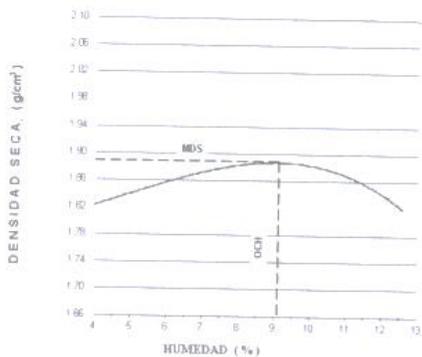
Características						
Numero de Molde	1		2		3	
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpe	56		25		12	
Energia Compactacion [kg-cm/cm ³]	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,594.0		8,406.0		8,156.0	
02 - Peso del molde (g)	4,167.4		4,153.6		4,140.0	
03 - Peso suelo humedo (g)	4,426.6		4,252.4		4,016.0	
04 - Volumen de molde, cm ³	2,150.000		2,127.000		2,121.000	
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2,059		1,999		1,893	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	650.0		424.0		535.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	615.0		396.0		494.0	
09 - Peso del agua (g)	35.0		28.0		41.0	
10 - Peso del tarro (g)	203.0		67.0		60.0	
11 - Peso suelo seco (g)	412.0		329.0		434.0	
12 - Contenido de humedad (%)	8.50		8.5		9.4	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.898		1.842		1.730	
Expansión, %						
Absorcion						
Numero de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,426.6		4,252.4		4,016.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,662.5		8,571.4		8,292.1	
03 - Peso del molde (g)	4,167.4		4,153.6		4,140.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	4,495.1		4,417.8		4,152.1	
05 - Peso del agua absorvida (g)	68.5		165.4		136.1	
06 - Peso del suelo seco (g)	4,080.0		3,918.9		3,669.4	
07 - Absorcion de agua (%)	1.68		4.22		3.710	
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	13.0	83.2	7.0	57.7	5.0	49.2
1.3	27.0	142.6	14.0	87.4	11.0	74.7
1.9	33.0	168.1	22.0	121.4	18.0	104.4
2.5	49.0	236.13	34.0	172.39	25.0	134.15
3.2	55.0	261.6	37.0	185.1	31.0	159.6
3.8	63.0	295.6	44.0	214.9	35.0	176.6
5.08	73.0	338.1	50.0	240.4	40.0	197.9
7.6	81.0	372.1	56.0	265.9	46.0	223.4
10.16	105.0	474.1	75.0	346.6	59.0	278.6
12.7	123.0	550.6	90.0	410.3	72.0	333.9
Carga [%]	236.13 kgf. [17.4%]		172.39 kgf. [12.7%]		134.15 kgf. [9.9%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
D.E.L.



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- PATRON

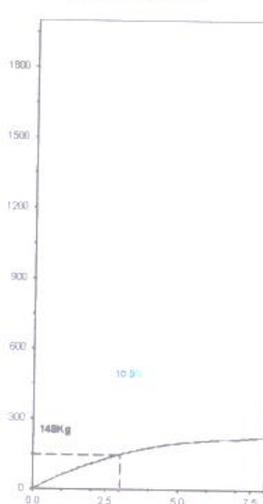
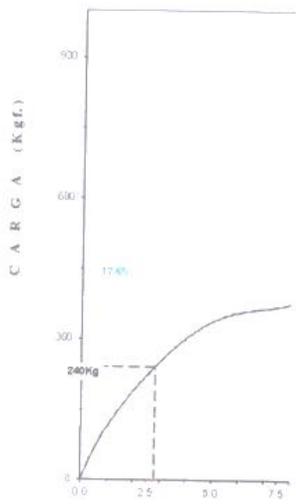
NOMBRE	LLANOS GUANARA Y LUENKA	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TEJIS	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.889
ADICIONANDO 0% Y 10% DE ESCORIA DE ACERA		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.1
MATERIAL	TERREÑO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	17.6
CALICATA	1	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	12.3
UBICACIÓN	CAMPO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA A. ANCAESH	SUCS	LL _____ PL _____ Ps _____
FECHA	13-Ago-2019	AASHTO	EMBEBIDO 4 días EXPANSIÓN _____
		ABSORCIÓN	1.7 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN 10.8 %



EC = 56 GOLPES (27.7 Kg-cm/min)

EC = 25 GOLPES (12.2 Kg-cm/min)

EC = 12 GOLPES (6.1 Kg-cm/min)



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Soler Jara
I.C.P.E.



**RELACION DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 5%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA: LUANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS: RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL: TERRENO NATURAL
 CALICATA: I
 LUZAR: CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA: 13/08/2019

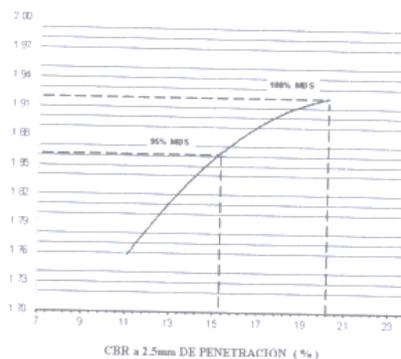
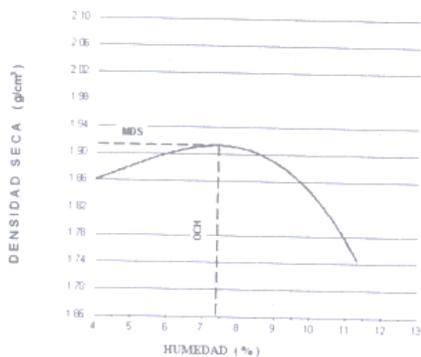
Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,594.0	8,356.0	8,156.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.4	4,103.0	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,426.6	4,253.0	4,000.0			
04 - Volumen de molde. cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.059	2.000	1.886			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	665.0	424.0	644.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	634.0	400.0	605.0			
09 - Peso del agua (g)	31.0	24.0	39.0			
10 - Peso del tarro (g)	204.0	67.0	67.0			
11 - Peso suelo seco (g)	430.0	333.0	538.0			
12 - Contenido de humedad (%)	7.21	7.2	7.2			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.920	1.865	1.758			
Expansión, %						
Absorcion						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,426.6	4,253.0	4,000.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,659.7	8,448.4	8,244.8			
03 - Peso del molde (g)	4,167.4	4,103.0	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,492.3	4,345.4	4,088.8			
05 - Peso del agua absorvida (g)	65.7	92.4	88.8			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,128.9	3,967.1	3,729.6			
07 - Absorcion de agua (%)	1.59	2.33	2.380			
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	18.0	104.4	13.0	83.2	9.0	66.2
1.3	34.0	172.4	20.0	112.9	15.0	91.7
1.9	41.0	202.1	28.0	146.9	22.0	121.4
2.5	58.0	274.37	38.0	189.39	29.0	151.15
3.2	63.0	295.6	44.0	214.9	35.0	176.6
3.8	71.0	329.6	49.0	236.1	39.0	193.6
5.08	82.0	376.3	57.0	270.1	44.0	214.9
7.6	93.0	423.1	64.0	299.9	52.0	248.9
10.16	111.0	499.6	82.0	376.3	67.0	312.6
12.7	127.0	567.6	101.0	457.1	79.0	363.6
Carga [%]	274.37 kgf. [20.2%]		189.39 kgf. [13.9%]		151.15 kgf. [11.1%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Mg. Miguel Solís Jara



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 5%

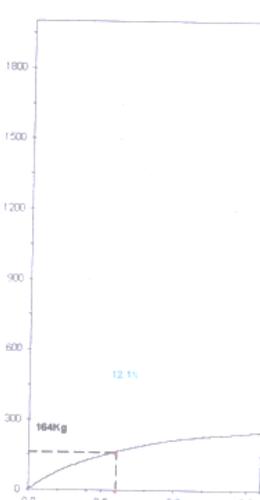
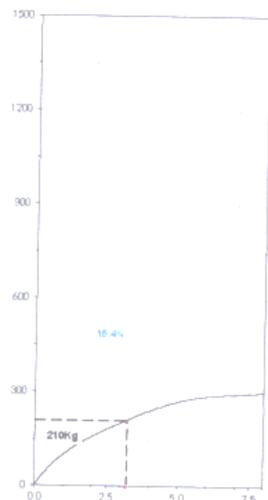
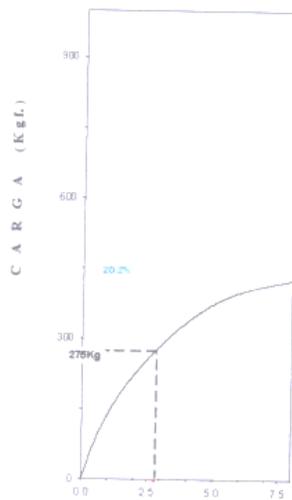
NOMBRE	LLANOS GUIMARA Y LUZURNA	METODO DE COMPACTACION (ASTM D-1557)	A
TEMA	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.913
ADICIONANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERÍA		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.4
MATERIAL	TERRENO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	20.2
CALCATA	1	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	16.3
UBICACION	CAMINO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCAH	SUCS	LL - - - - - IP - - - - - G _s - - - - -
FECHA	13-Ago-2019	AASHTO	EMBEBIDO 4 días EXPANSION
		ABSORCIÓN	1.6 % HUMEDAD DE PENETRACION 9.0 %



EC = 56 00LPIES (271 Esp. cm²)

EC = 23 00LPIES (122 Esp. cm²)

EC = 12 00LPIES (61 Esp. cm²)



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
I.P.E.



**RELACION DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 10%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA: LLANOS QUIMARAY LIZINKA
 TESIS: RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL: TERRENO NATURAL
 CALICATA: †
 LUGAR: CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA: 13/08/2019

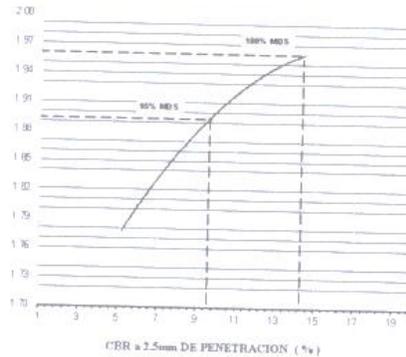
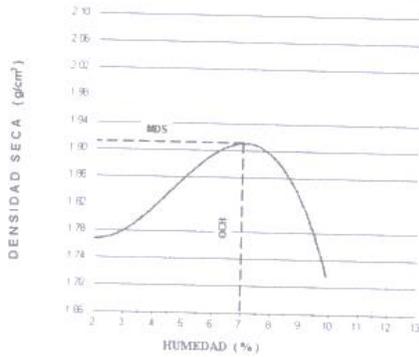
Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm]/cm³	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,652.0	8,332.0	8,166.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,485.0	4,228.8	4,010.0			
04 - Volumen de molde, cm³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	2.086	1.968	1.891			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	723.0	543.0	432.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	692.0	515.0	410.0			
09 - Peso del agua (g)	31.0	28.0	22.0			
10 - Peso del tarro (g)	202.0	73.0	63.0			
11 - Peso suelo seco (g)	490.0	442.0	347.0			
12 - Contenido de humedad (%)	6.33	6.3	6.3			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)	1.962	1.870	1.778			
Expansión, %						
Absorción						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,485.0	4,228.8	4,010.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,703.9	8,391.3	8,236.5			
03 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,536.9	4,288.1	4,080.5			
05 - Peso del agua absorbida (g)	51.9	59.3	70.5			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,218.1	3,976.9	3,770.9			
07 - Absorción de agua (%)	1.23	1.49	1.870			
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	4.0	44.9	3.0	40.7	5.0	49.2
1.3	9.0	86.2	5.0	49.2	7.0	57.7
1.9	18.0	104.4	7.0	57.7	8.0	61.9
2.5	27.0	142.65	9.0	66.16	10.0	70.41
3.2	52.0	248.9	18.0	104.4	15.0	91.7
3.8	76.0	350.9	28.0	146.9	21.0	117.2
5.08	99.0	448.6	45.0	219.1	29.0	151.1
7.6	124.0	554.8	83.0	295.6	38.0	189.4
10.16	160.0	707.8	100.0	452.8	60.0	282.9
12.7	177.0	780.0	136.0	605.8	81.0	372.1
Carga [%]	142.65 kgf. [10.5%]		66.16 kgf. [4.9%]		70.41 kgf. [5.2%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LOS ANDES 10000
 Ing. Mg. Solar Jara
 P.E.



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 10%

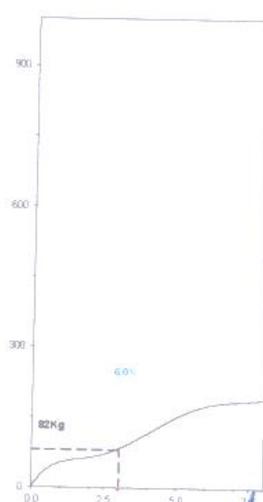
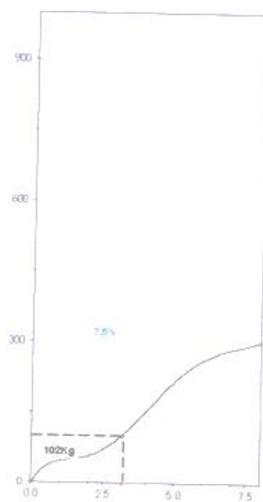
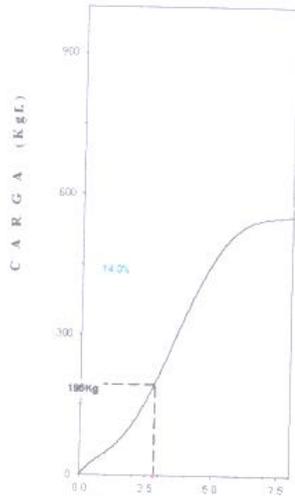
NOMBRE	LLANOS OLIVARRA / LIZNEA	METODO DE COMPACTACION (ASTM D-1557)	A
TESS	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB BASE	MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	1.912
ADICIONANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERIA		OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.6
MATERIAL	TIERRA NATURAL	CBR AL 100% DE LA M D S (%)	14.3
CALICATA	1	CBR AL 95% DE LA M D S (%)	9.6
UBICACION	CAMPO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA ANA - ANCASH	SUCS:	LL, IP, G _s
FECHA	13-Ago-2019	AASHTO	EMBEBIDO 4 dias EXPANSION
		ABSORCION	1.2 % HUMEDAD DE PENETRACION 8.2 %



EC = 54 GOLPES (12.1 kg/cm²)

EC = 25 GOLPES (12.2 kg/cm²)

EC = 22 GOLPES (4.1 kg/cm²)



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Schar Jara



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-PATRON
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA: LILIANOS GUMARAY LIZINKA
 TESIS: RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERIA
 MATERIAL: TERRENO NATURAL
 CALICATA: 3
 LUGAR: CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA: 13/08/2019

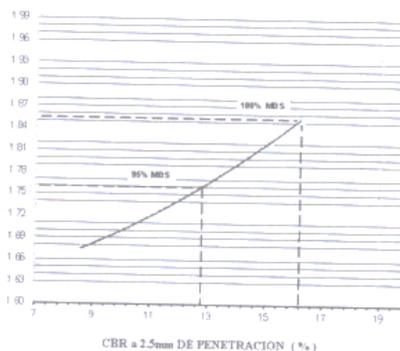
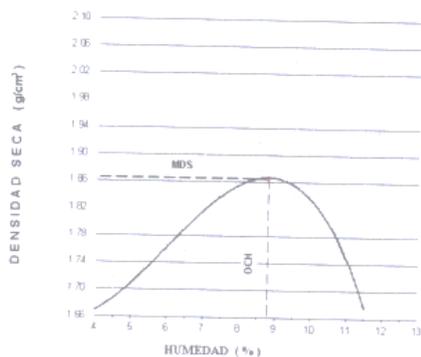
Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,534.0	8,252.0	7,959.0			
02 - Peso del molde (g)	4,267.0	4,103.2	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,267.0	4,148.8	3,803.0			
04 - Volumen de molde, cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	1.985	1.951	1.793			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	545.0	645.0	537.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	522.0	607.0	506.0			
09 - Peso del agua (g)	23.0	38.0	31.0			
10 - Peso del tarro (g)	195.0	68.0	66.0			
11 - Peso suelo seco (g)	327.0	538.0	440.0			
12 - Contenido de humedad (%)	7.03	7.1	7.0			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.854	1.822	1.675			
Expansión, %						
Absorcion						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,267.0	4,148.8	3,803.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,623.3	8,351.2	8,055.3			
03 - Peso del molde (g)	4,267.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,356.3	4,248.0	3,899.3			
05 - Peso del agua absorvida (g)	89.3	99.2	96.3			
06 - Peso del suelo seco (g)	3,986.6	3,875.6	3,552.7			
07 - Absorción de agua (%)	2.24	2.56	2.710			
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2481345 + 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	4.0	44.9	3.0	40.7	3.0	40.7
1.3	12.0	78.9	9.0	66.2	6.0	53.4
1.9	25.0	134.1	20.0	112.9	13.0	83.2
2.5	43.0	210.63	35.0	176.64	21.0	117.15
3.2	49.0	236.1	43.0	210.6	26.0	138.4
3.8	60.0	282.9	50.0	240.4	31.0	159.6
5.08	67.0	312.6	54.0	257.4	34.0	172.4
7.6	77.0	355.1	65.0	304.1	42.0	206.4
10.16	86.0	393.3	80.0	367.9	62.0	291.4
12.7	117.0	525.1	98.0	444.3	79.0	363.6
Carga [%]	210.63 kgf. [15.5%]		176.64 kgf. [13%]		117.15 kgf. [8.6%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 Las Mercedes - Chicla y Ermita de Tlacuapala
 Mg. Miguel Solar Jara
 I.P.L.

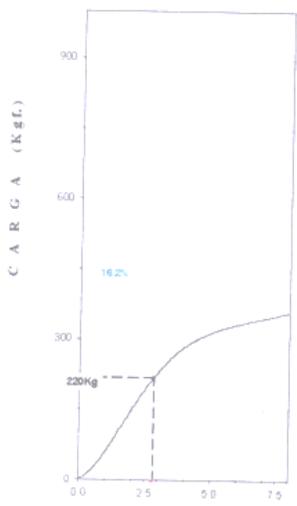


RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- PATRON

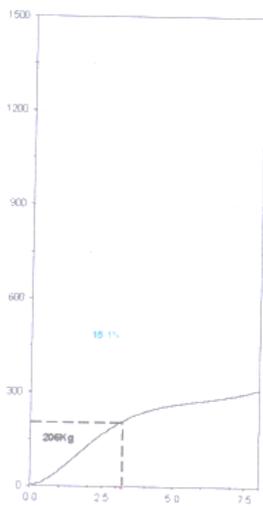
NOMBRE	LLANOS GUMARAY LUZENA	METODO DE COMPACTACION (ASTM D-1557)	A
TEJIS	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERA	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.866
MATERIAL	TERRENO NATURAL	OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.8
C. ALICATA	3	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)	16.2
UBICACION	CAMPO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASSH	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)	12.8
FECHA	13-Ago-2019	SUCS	LL IP G _s
		AASHTO	EMBEBIDO 4 dias EXPANSION
		ABSORCION	2.2 % HUMEDAD DE PENETRACION 11.0 %



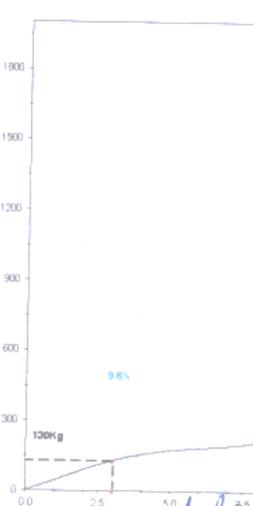
- EC = 56 GOLPES (21.7 Kg-cm/da)



- EC = 35 GOLPES (12.2 Kg-cm/da)



- EC = 12 GOLPES (6.1 Kg-cm/da)



PENETRACION (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
 Mg. Miguel Solar Jara
 J.E.M.



**RELACION DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 5%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA LLANOS GUIMARAY LIZINKA
TESIS RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
DE ESCORIA DE ACERÍA
MATERIAL TERRENO NATURAL
CALICATA
LUGAR CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA 13/08/2019

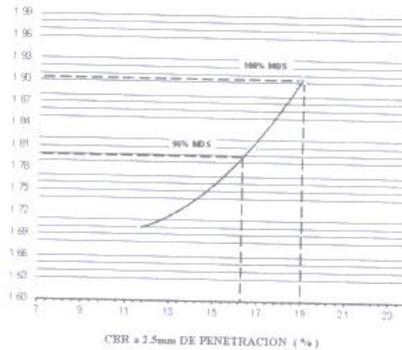
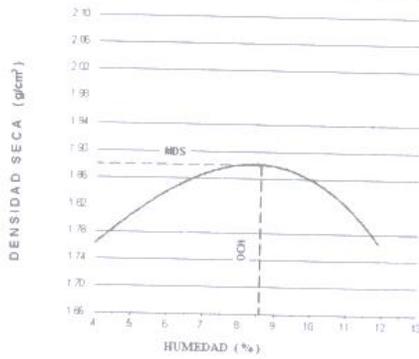
Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energía Compactación [kg-cm/cm ²]	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,534.0	8,212.0	7,999.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,367.0	4,108.8	3,843.0			
04 - Volumen de molde, cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.031	1.932	1.812			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	654.0	543.0	432.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	625.0	513.0	409.0			
09 - Peso del agua (g)	29.0	30.0	23.0			
10 - Peso del tarro (g)	189.0	62.0	64.0			
11 - Peso suelo seco (g)	436.0	451.0	345.0			
12 - Contenido de humedad (%)	6.85	6.7	6.7			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.904	1.811	1.689			
Absorción						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,367.0	4,108.8	3,843.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,588.5	8,299.5	8,090.9			
03 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,421.5	4,196.3	3,934.9			
05 - Peso del agua absorbida (g)	54.5	87.5	91.9			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,084.6	3,852.5	3,602.8			
07 - Absorción de agua (%)	1.33	2.27	2.550			
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	61.9	6.0	53.4	3.0	40.7
1.3	16.0	95.9	9.0	66.2	5.0	49.2
1.9	29.0	151.1	20.0	112.9	16.0	95.9
2.5	52.0	248.88	45.0	219.13	31.0	159.64
3.2	62.0	291.4	51.0	244.6	36.0	180.9
3.8	70.0	325.4	60.0	282.9	41.0	202.1
5.08	81.0	372.1	70.0	325.4	49.0	236.1
7.6	97.0	440.1	85.0	389.1	57.0	270.1
10.16	114.0	512.3	97.0	440.1	73.0	338.1
12.7	129.0	576.1	110.0	495.3	84.0	427.3
Carga [%]	248.88 kgf. [18.3%]		219.13 kgf. [16.1%]		159.64 kgf. [11.7%]	

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
Mg. Miguel Solar Jara
I.E.



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 5%

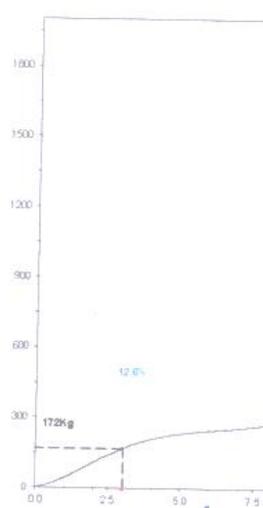
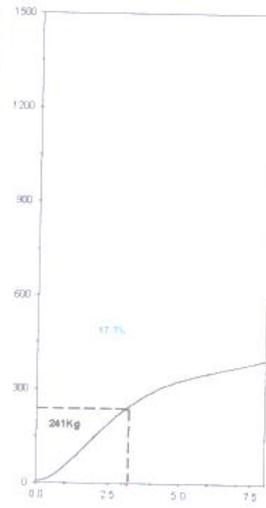
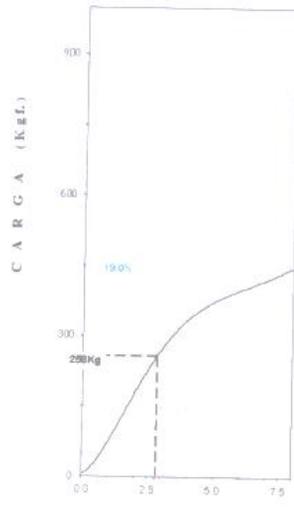
NOMBRE	LLANOS SUBIRAY LUNA	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	A
TEMA	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUBRASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.981
ADICIONADO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERVA		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.6
MATERIAL	TERRENO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M.D.S (%)	39.0
CALICATA	J	CBR AL 95% DE LA M.D.S (%)	16.3
UBICACIÓN	CAMPO FUENTE - CHIMBOTE - SANTA ANA - AKASH	SUCS	
FECHA	13-Ago-2019	AASHTO	LL
		EMBEBIDO	4 días
		EXPANSIÓN	
		ABSORCIÓN	1.3 %
		HUMEDAD DE PENETRACIÓN	9.9 %



EC = 36 GOLPES (27.7 Kg/cm²)

EC = 25 GOLPES (22.2 Kg/cm²)

EC = 12 GOLPES (11 Kg/cm²)



PENETRACIÓN (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 10%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA: LUANOS GUIMARAY LIZINKA
 TESIS: RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE ADICIONANDO EN 5% Y 10%
 DE ESCORIA DE ACERÍA
 MATERIAL: TERRENO NATURAL
 CALICATA: 3
 LUGAR: CAMBIO PUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
 FECHA: 13/09/2019

Características						
Numero de Molde	1	2	3			
Numero de Capas	5	5	5			
Numero de Golpe	56	25	12			
Energia Compactacion [kg-cm/cm ²	27.7	12.2	6.1			
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,489.0	8,169.0	8,099.0			
02 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
03 - Peso suelo humedo (g)	4,322.0	4,065.8	3,943.0			
04 - Volumen de molde. cm ³	2,150.000	2,127.000	2,121.000			
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.010	1.912	1.859			
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0			
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	454.0	552.0	663.0			
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	445.0	535.0	643.0			
09 - Peso del agua (g)	9.0	17.0	20.0			
10 - Peso del tarro (g)	193.0	60.0	84.0			
11 - Peso suelo seco (g)	252.0	475.0	559.0			
12 - Contenido de humedad (%)	3.57	3.6	3.6			
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	1.941	1.845	1.795			
Absorcion						
Numero de molde	1	2	3			
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,322.0	4,065.8	3,943.0			
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,535.3	8,240.4	8,178.2			
03 - Peso del molde (g)	4,167.0	4,103.2	4,156.0			
04 - Peso suelo embebido (g)	4,368.3	4,137.2	4,022.2			
05 - Peso del agua absorvida (g)	46.3	71.4	79.2			
06 - Peso del suelo seco (g)	4,173.0	3,925.3	3,806.8			
07 - Absorcion de agua (%)	1.11	1.82	2.080			
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	6.0	53.4	4.0	44.9	2.0	36.4
1.3	10.0	70.4	7.0	57.7	5.0	49.2
1.9	18.0	104.4	12.0	78.9	8.0	61.9
2.5	38.0	189.39	25.0	134.15	18.0	104.40
3.2	48.0	231.9	36.0	180.9	26.0	138.4
3.8	63.0	295.6	46.0	223.4	38.0	189.4
5.08	75.0	346.6	53.0	253.1	44.0	214.9
7.6	87.0	397.6	69.0	321.1	49.0	236.1
10.16	95.0	431.6	76.0	350.9	56.0	265.9
12.7	120.0	537.8	87.0	397.6	60.0	282.9
Carga [%]	189.39 kgf. [13.9%]		134.15 kgf. [9.9%]		104.4 kgf. [7.7%]	

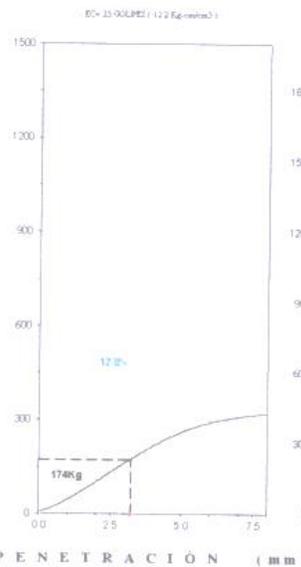
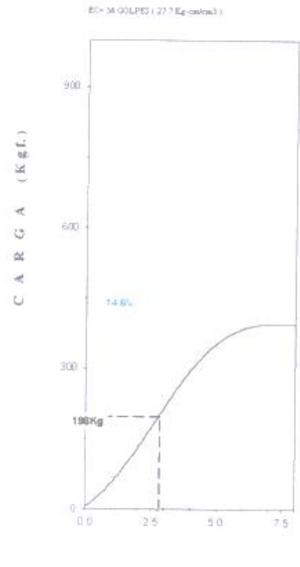
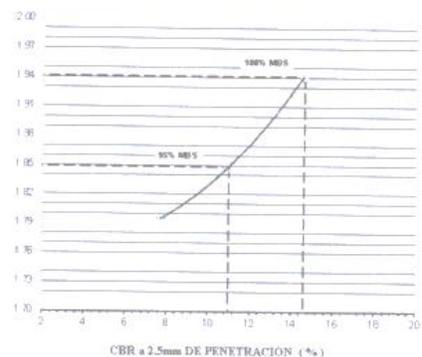
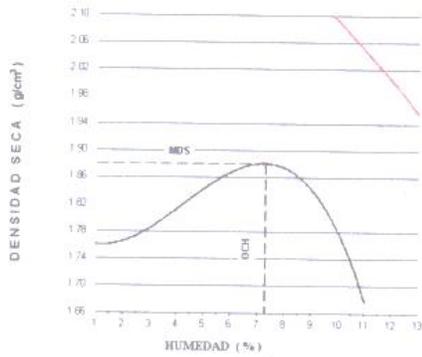
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 FACULTAD DE INGENIERIA
 LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

 Mg. Mateo Solar Jara
 J.P.E.



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 10%

NOMBRE	LLANOS OUMAYAY (LORNA)	METODO DE COMPACTACION	(ASTM D-1557)	A		
TESIS	RESISTENCIA DE UN SUELO A NIVEL DE LA SUB RASANTE	MAXIMA DENSIDAD SECA	(gr/cm ³)	1.801		
ADICIONANDO EN 5% Y 10% DE ESCORIA DE ACERO		OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		7.3		
MATERIAL	TERRENO NATURAL	CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)		14.6		
CALICATA	3	CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)		11.0		
UBICACION	CAMPO FUENTE - CHIMBOTE - SANTA - ANCAASH	SUCS	LL	IP	G _s	...
FECHA	13-Ago-2019	AASHTO	EMBEEDO	4 dias	EXPANSION	...
		ABSORCION	1.1 %	HUMEDAD DE PENETRACION	9.4 %	



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Escuela de Ingenieros y Arquitectos
Mig. Miguel Solar Jara

MÉTODO ESTADÍSTICO:

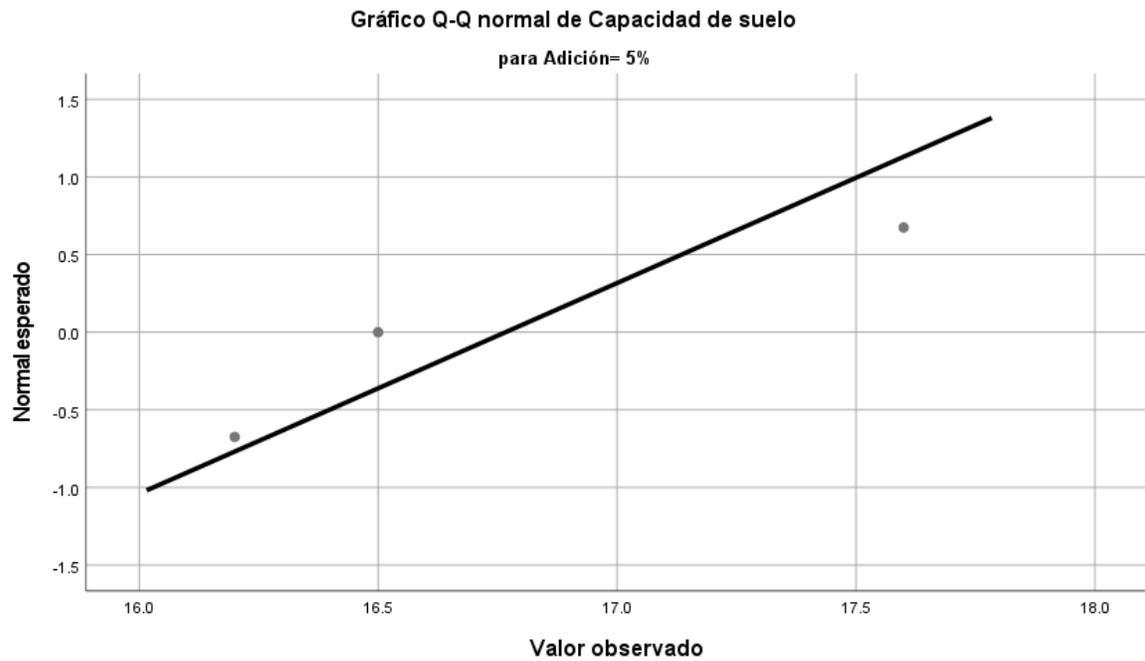
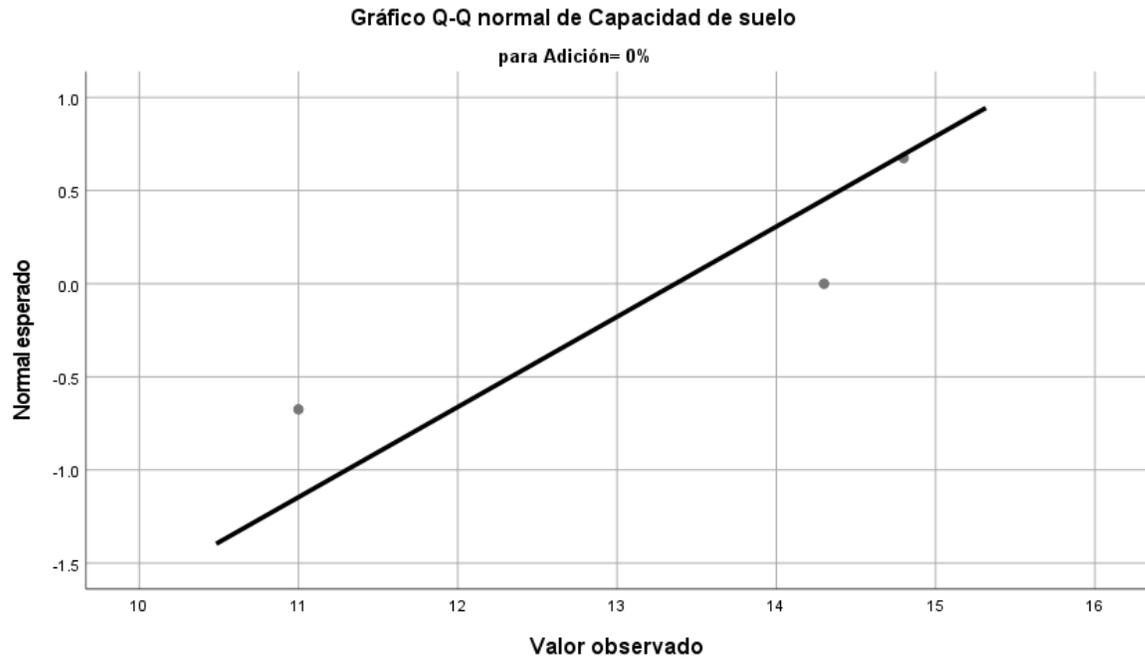


Gráfico Q-Q normal de Capacidad de suelo
para Adición= 10%

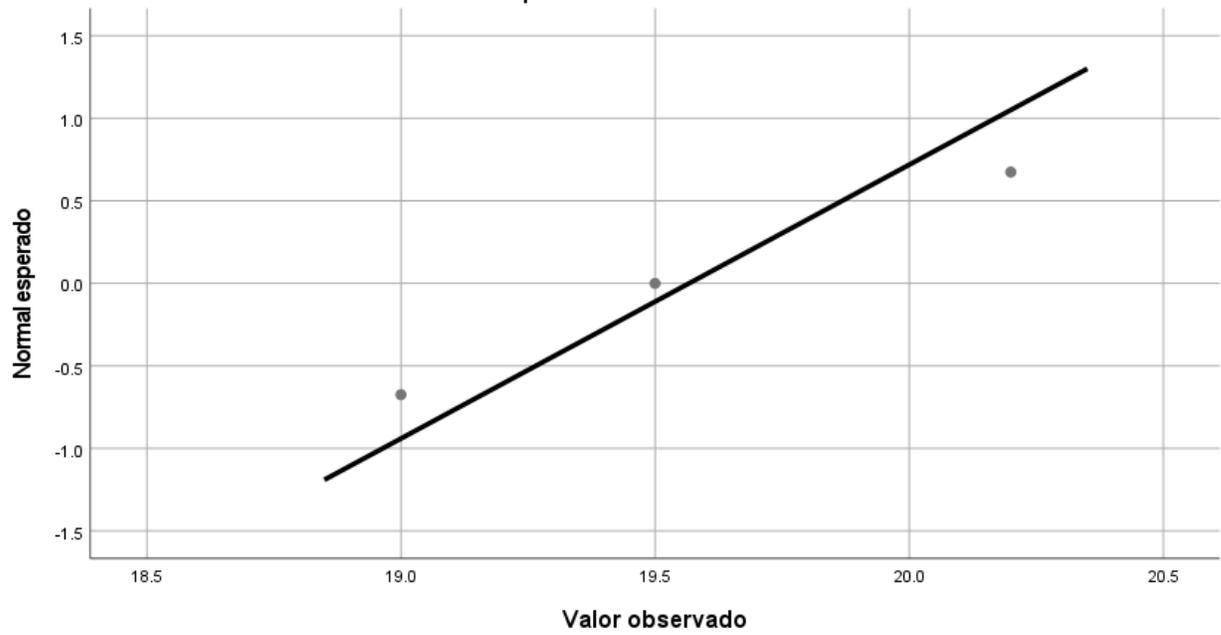


Gráfico Q-Q normal sin tendencia de Capacidad de suelo
para Adición= 0%

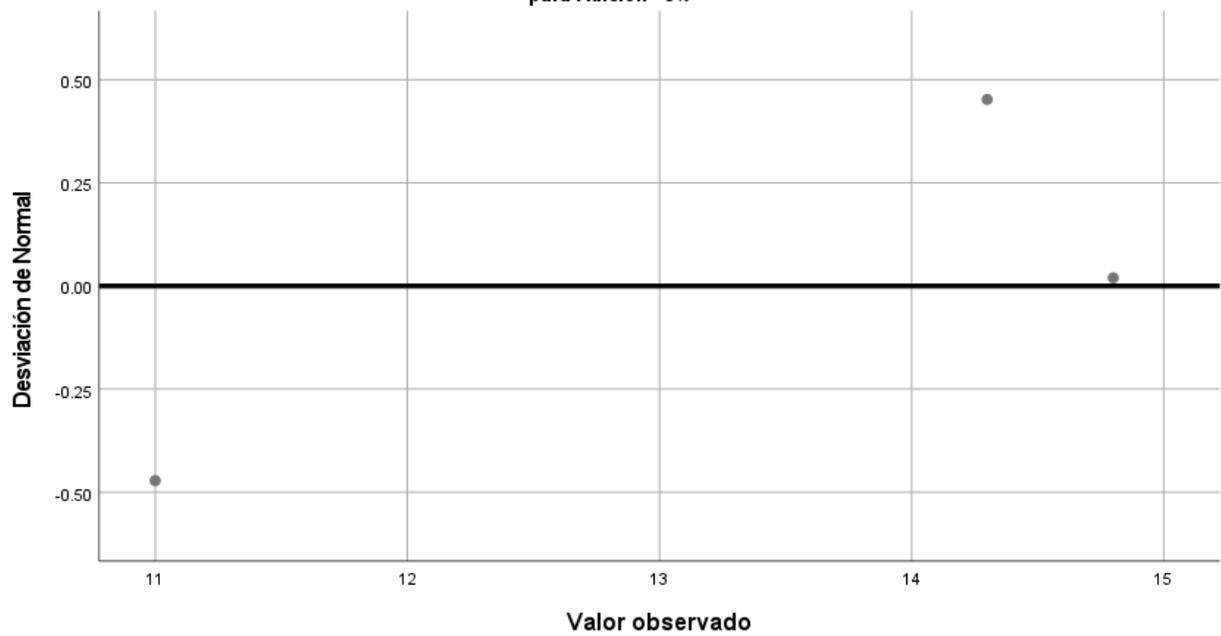


Gráfico Q-Q normal sin tendencia de Capacidad de suelo

para Adición= 5%

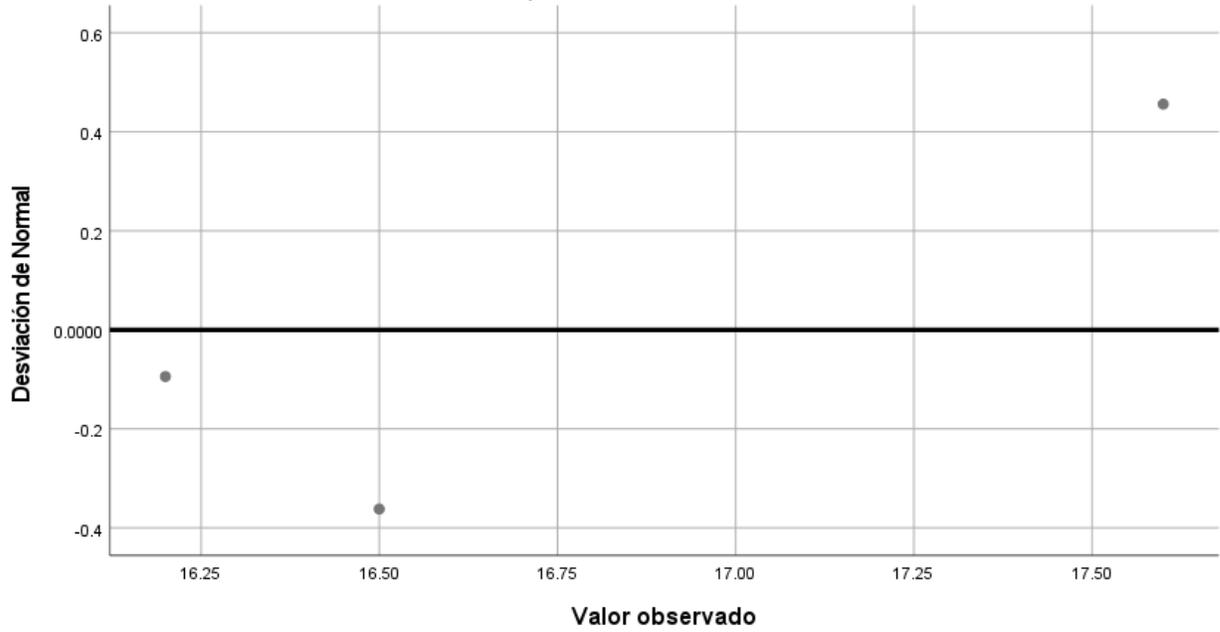
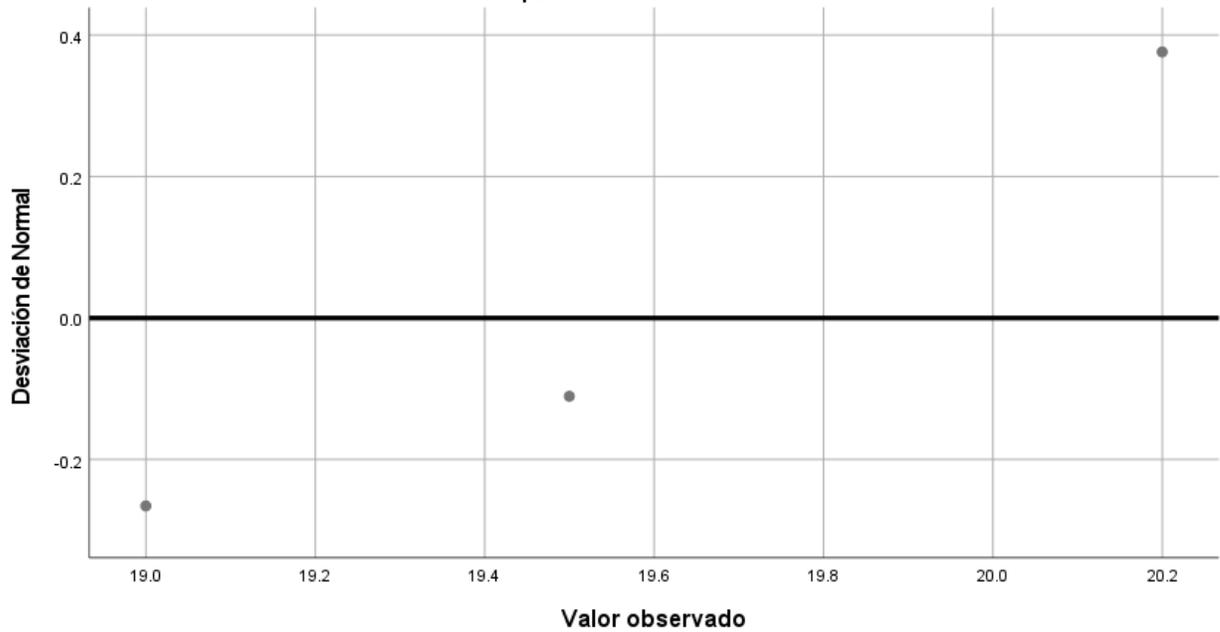
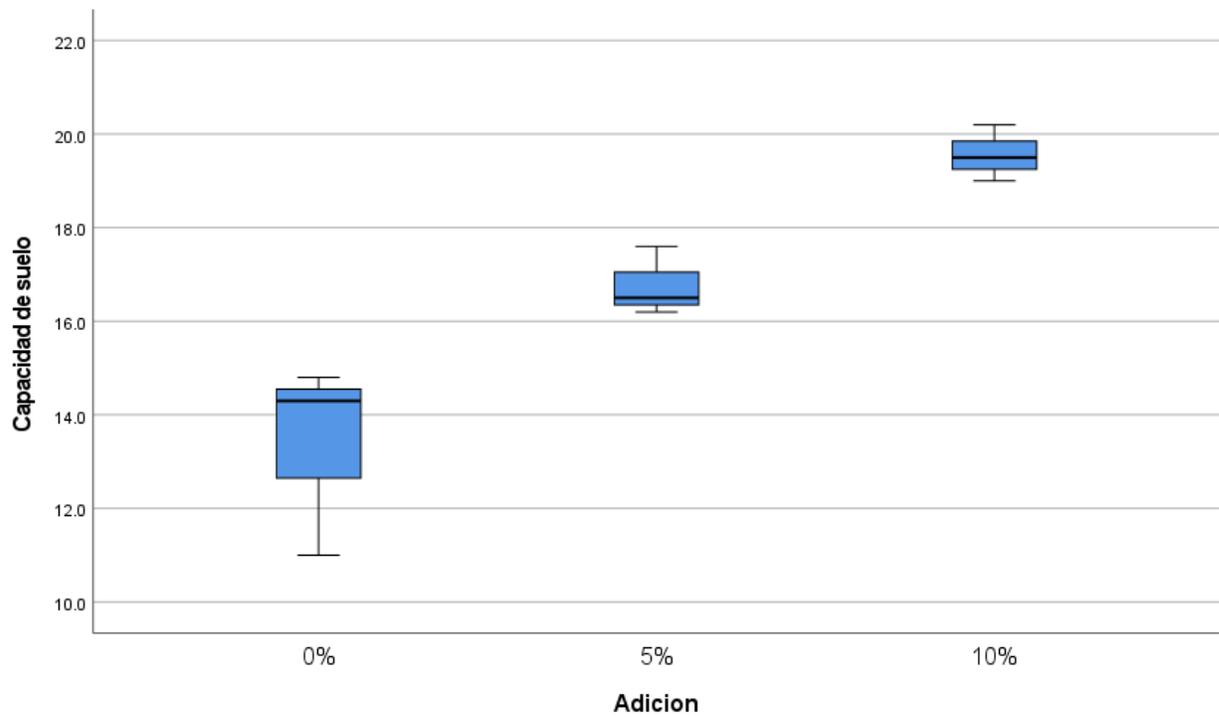


Gráfico Q-Q normal sin tendencia de Capacidad de suelo

para Adición= 10%





Comparaciones múltiples

Variable dependiente: Capacidad de suelo

T de Dunnett (bilateral)^a

(I) Adición	(J) Adición	Diferencia de medias (I-J)	Desv. Error	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
5%	0%	3.4000*	1.0719	.034	.332	6.468
10%	0%	6.2000*	1.0719	.002	3.132	9.268

*. La diferencia de medias es significativa en el nivel 0.05.

a. Las pruebas t de Dunnett tratan un grupo como un control, y comparan todos los demás grupos con este.