



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Correlación entre el valor del soporte CBR y la resistencia a la penetración  
con el PDC con fines de Diseño de Pavimento Flexible en la Avenida  
Carapongo-Avenida Las Torres, Lurigancho-Chosica 2019

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

Ingeniero Civil

**AUTOR:**

Br. Elmer Alfonso Tapia Salazar (ORCID: 0000-0002-0233-8684)

**ASESOR:**

Mg. Tacza Zevallos, Jhon Nelinho (ORCID: 0000-0002-1763-9375)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA - PERÚ**

**2019**

## **DEDICATORIA**

A Dios, porque gracias a el estoy alcanzando mis metas, a mis papas, Elmer y Claudia por darme incondicionalmente todo su apoyo y amor. A mi hija y a mi familia por siempre estar conmigo

## **AGRADECIMIENTO**

Con una infinita admiración para con la escuela académico-profesional de ingeniería civil y al excelente grupo de docentes que a lo largo de estos años han aportado significativamente para la consecución de este logro

## **Página del Jurado**

## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

### Declaración de autenticidad

Yo, Elmer Tapia Solano con DNI N° AQ439915, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica. Asimismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces. En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

Lima, 13 de diciembre de 2019.

Elmer Tapia S.

DNI:  
AQ439915

## ÍNDICE

|   |           |
|---|-----------|
| Carátula.....                           | i         |
| Dedicatoria.....                        | ii        |
| Agradecimiento.....                     | iii       |
| Página del jurado.....                  | iv        |
| Declaratoria de autenticidad.....       | v         |
| Índice.....                             | vi        |
| RESUMEN.....                            | vii       |
| ABSTRACT.....                           | viii      |
| I.INTRODUCCIÓN.....                     | 1         |
| II. MÉTODO.....                         | 10        |
| 2.1 Tipo de investigación.....          | 10        |
| 2.2 Variables, Operacionalización. .... | 10        |
| <b>2.3. Población y muestra.....</b>    | <b>10</b> |
| 2.4. Validez y confiabilidad .....      | 11        |
| 2.5. Metodología de Investigación ..... | 11        |
| III. RESULTADOS.....                    | 23        |
| IV. DISCUSIÓN.....                      | 37        |
| V. CONCLUSIONES. ....                   | 38        |
| VI. RECOMENDACIONES.....                | 39        |
| REFERENCIAS .....                       | 40        |
| ANEXOS.....                             | 43        |

## RESUMEN

El objetivo principal de la presente investigación es correlacionar el CBR obtenido en el laboratorio con el PDC in situ, con la finalidad de utilizarlo en la evaluación y diseño de la rehabilitación del pavimento flexible de la Avenida Carapongo-Avenida las Torres aplicando la metodología AASHTO. El diseño de la presente investigación es Experimental, porque se realizaron ensayos de los suelos en laboratorio para obtener el CBR de diferentes puntos, que luego fueron correlacionados con el PDC in situ, de tal forma que se obtuviera un modelo general que permita obtener el CBR en otros puntos de la vía en mención. Por otra parte, se trata de una investigación de tipo descriptivo, correlacional y aplicada, dado que se describen los resultados y procedimientos y se busca dar solución a una problemática. La población está conformada por los tres km de carretera comprendidos entre la Avenida Carapongo – Avenida Las Torres. La muestra fueron 6 calicatas, en la cual se realizaron los ensayos de Penetración Dinámica de Cono (PDC) in situ y California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio. Se concluyó que utilizando los resultados de los ensayos de campo se puede obtener el CBR in situ, mediante correlación CBR de laboratorio con el PDC in situ, y que su valor mejora el diseño y evaluación de la vía en mención.

**Palabras claves:** CBR, PDC, correlación.

## **ABSTRACT**

The main objective of the present investigation is to correlate the CBR obtained in the laboratory with the PDC in situ, with the purpose of using it in the evaluation and design of the rehabilitation of the flexible pavement of Carapongo Avenue-Las Torres Avenue applying the AASHTO methodology. The design of the present investigation is Experimental, because tests of the soils in laboratory were carried out to obtain the CBR from different points, which were then correlated with the PDC in situ, so that a general model was obtained that allows obtaining the CBR in other points of the route mentioned. On the other hand, it is a descriptive, correlational and applied investigation, given that the results and procedures are described and a solution to a problem is sought. The population is made up of the three km of road between Carapongo Avenue - Las Torres Avenue. The sample was 6 calicatas, in which the tests of Dynamic Cone Penetration (PDC) in situ and California Bearing Ratio (CBR) laboratory were performed. It was concluded that using the results of the field tests, the CBR can be obtained in situ, by means of a laboratory CBR correlation with the PDC in situ, and that its value improves the design and evaluation of the route in question.

**Keywords:** CBR, PDC, correlation



## I. INTRODUCCIÓN

Para realizar proyectos viales, primero deben realizarse ensayos que dejen establecer la resistencia de los suelos de apoyo, de tal manera que se logre calcular el espesor de la estructura de la vía. El ensayo o la práctica más viable en nuestro entorno es el CBR. El PDC se utiliza para calcular la resistencia in-situ de materiales que están por debajo de una capa grandemente estabilizada, previo al barrenado de la misma para permitir un orificio de acceso y puede usarse para examinar la densidad de un material prudentemente uniforme, relacionando la densidad con la tasa de penetración sobre el mismo material.

(I.N.V. E- 172 – 07) El ensayo de CBR puede realizarse en el campo y el laboratorio, actuando en ambos como una inversión tiempo estimado de una semana entre las excavaciones correspondientes y los 4 días que demora el ensayo en el laboratorio. Debido a que, según (ATSM, 2007) para caracterizar e material a utilizar se usa el CBR de laboratorio (CBR lab), con muestras extraídas del campo, remodeladas y sometidas a condiciones saturadas por 4 días. Por dicha razón en la suposición se estima una semana para conseguir los resultados.

Para mejorar la situación y la obtención de resultados más cercanos al real se hace la correlación de la metodología PDC vs CBR. Debido a que, para la obtención de datos del PDC el proceso abarca menos en la inversión económica y de tiempo Por medio de dicha correlación será posible obtener una ecuación al que permite estimar el CBR para distintos puntos en el tramo de la carretera a trabajar.

(I.N.V. E- 172 – 07). La escogencia de una correlación adecuada es materia del buen juicio profesional. Por ello, el Instituto Nacional de Vías permite el uso de diferentes fórmulas que partan específicamente de experiencias regionales, siempre y cuando esté formalmente apoyada y que su obtención haya sido confiable. Si hay distintas capas en el material ensayado, se mira un cambio en la pendiente de la gráfica que relaciona el número de golpes con la penetración.

La interfaz exacta es complicada de precisar porque, normalmente, hay un área de transición entre capas. El espesor de la capa puede definirse por la intersección de las líneas que representan la pendiente promedio de capas adyacentes. Una vez que los espesores de capas han sido definidos, se calcula la rata de penetración promedio por capa

Son varias las investigaciones que se realizaron a lo largo del tiempo a nivel nacional e internacional en donde se hace uso de correlaciones PDC vs. CBR, donde se mencionan:

**En el ámbito nacional,** se destacan los trabajos realizados por Pantoja (2019) en su tesis titulada El impacto de la corrección CBR del terreno de cimentación de la carretera en el diseño del pavimento de la sección d del proyecto de mantenimiento de la carretera Santa Rosa, Tramo dv. Humajalso – Huaytire, Perú. El propósito es mostrar la importancia de corregir la curva de permeabilidad de carga probada por el laboratorio CBR en la superficie del pavimento de la acera existente de acuerdo con la norma ASTM D1883-16, que incluye 3 correcciones a realizar. Asimismo, enfatiza las condiciones de resistencia estructural que debe cumplir el terreno, ya que al desarrollar la batería de corrección, es posible medir mejor la capacidad de carga a una densidad especificada en un estado compacto. La conclusión es que es muy importante interpretar los resultados del CBR básico del laboratorio (condiciones críticas), y modificarlo o no modificarlo, es muy importante realizar un análisis detallado de la importancia e impacto técnico y económico a nivel de diseño e implementación. , Solo para diseño. Para ello, se han establecido dos esquemas de diseño: el primero es un paquete de pavimento reciclable y repara el paquete existente y corrige el valor de la curva de permeabilidad de carga CBR del terreno de cimentación de la carretera; el segundo es el mismo paquete de pavimento. La recuperación y restauración se pueden llevar a cabo sin corrección de la curva de permeabilidad a la carga del CBR de la Fundación, y los impactos se pueden discutir y evaluar.

Por otra parte, Llanos y Reyes (2017) realizaron el trabajo titulado “Estudio comparativo de los ensayos California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (PDC) en la localidad de Picsi”. El propósito es proponer la confiabilidad de los resultados del Penetrómetro Dinámica de Cono (PDC) in situ, para el Laboratorio California Carrying Ratio (CBR), que busca soluciones para reducir problemas ambientales, tales como: pozos de prueba, propiedades del suelo, inspeccionar los pavimentos existentes, etc. Para las pruebas de laboratorio, las muestras se toman a través de pozos al nivel de la subrasante. Después de realizar la prueba de PDC en el sitio. Se verificó la resistencia del suelo llano, que es una de las investigaciones prioritarias para el desarrollo de la futura construcción vial. También muestra que a través de las pruebas de PDC in situ, los datos de CBR de laboratorio se pueden obtener rápida y fácilmente, y los parámetros de resistencia

del suelo estudiado se pueden establecer con un grado aceptable de confiabilidad, lo que es adecuado para el futuro diseño de carreteras.

Asimismo, Tupia, C., Cordova, J. y Hurtado, A. (2012) realizaron la investigación “Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio de un equipo de Penetración Dinámica. La investigación del informe se llevó a cabo en el Laboratorio de Ingeniería Geotécnica UNI CISMID en el suelo de diferentes caminos del territorio nacional, siguiendo el modelo matemático existente y brindando la relación aplicable al Perú para determinar el valor CBR con base en la prueba PDC. Los resultados del estudio permiten establecer los parámetros locales de la relación con la permeabilidad a través de equipos de bajo costo, lo que brinda a los diseñadores un complemento a las pruebas de campo y una alternativa para comparar las condiciones del suelo con las condiciones del laboratorio.

Injante (2013) realizó la investigación “Resistencia in situ de subrasante utilizando Penetrómetro Dinámico de Cono en la ciudad de Ica, Perú”, con el propósito Para explicar, describir y analizar la confiabilidad del valor CBR in-situ de la calzada en Ica, se utiliza PDC para optimizar el costo operativo. La población estuvo conformada por el distrito de ICA, en donde se recolectaron todas las muestras. Fue un trabajo experimental en el que se concluyó que en el 90% del valor total medido, el valor CBR in-situ calculado con la fórmula obtenida difiere en un  $\pm 10\%$  del valor de referencia probado en el equipo oficial, y la fórmula relacionada obtenida es similar y cercana a la fórmula investigada por la empresa de ingeniería. , Basado en la estandarización de ASTM.

**Internacionales**, Flórez, Torres, y Peña (2017). Estimación del valor de CBR usando penetrómetro de cono dinámico. Tesis de pregrado. Universidad Francisco de Paula Santander, Bogotá, Colombia. Este trabajo puede estimar datos de la prueba de Tasa de Soporte de California (CBR) y la prueba Penetración de Cono Dinámico (DCP) para suelos finamente saturados. Según los resultados obtenidos, se aplican métodos de regresión estadística. Para la base de datos filtrada entre el valor de la prueba CBR y el valor de la prueba DCP, se obtuvo una desviación estándar de 0.18, una correlación de 0.93 y un coeficiente de determinación de 0.86. Además, utilizando las correlaciones encontradas en este trabajo y un conjunto de correlaciones de otros autores, se realizó una comparación entre los valores calculados del espesor de base y el espesor de sub base de la estructura del pavimento, encontrándose una diferencia de alrededor de 300%. Esto nos permite inferir que la correlación entre CBR y DCP encontrada en este trabajo puede ajustar el valor de CBR de

acuerdo con las condiciones hidrogeológicas y geotécnicas del área de estudio, proporcionando así un espesor de estructura de pavimento más fuerte. Diseño de estructura de pavimento sobre suelo en condiciones similares.

Manotas (2016): Estudiar la correlación entre el DCP y la Razón de Soporte de California (CBR) en diferentes tipos de suelo en Ambato, Ecuador. El propósito es estudiar la correlación entre el DCP y la relación de soporte de California (CBR) en diferentes tipos de suelo. Se trata de un estudio descriptivo de diseño experimental. Entre las principales conclusiones se tiene que, de los suelos analizados y estudiados, de acuerdo a los ensayos de clasificación, los suelos con alta plasticidad en la Zona Oriental, provincia del Napo son predominantes, mientras que en la zona Central en la provincia de Tungurahua hay presencia de suelos con baja plasticidad y suelos no plásticos.

Rivera (2013). Correlación del valor de soporte de califonia (C.B.R) con la resistencia a la compresión inconfiada y la plasticidad del suelo. Tesis de pregrado, Universidad del Valle, Cali, Colombia. El propósito de este trabajo es determinar si existe una correlación entre la Prueba de Valor de Soporte de California (C.B.R) en suelos finos y la compresión ilimitada, el índice de plasticidad y la clasificación del suelo. Para lograrlo, se realizaron las pruebas de laboratorio antes mencionadas en muestras de suelo recolectadas de la ciudad cercana a Santiago Cali, al norte del departamento del Cauca, y Popayán. Se utilizó el diagrama de dispersión simple para analizar los resultados y observar la tendencia de cada prueba y los resultados de la prueba C.B.R en condiciones naturales y saturadas. A través de estas pruebas se observó una buena tendencia. Se hizo un análisis de regresión lineal para establecer el grado de relación entre cada prueba y C.B.R, y determinar el modelo que mejor representa su comportamiento. El modelo estadístico realizado muestra que existe relación entre la prueba C.B.R y la prueba de compresión inconfiada. Con base en los resultados obtenidos, se llegó a la conclusión de que C.B.R en estado natural tiene una mejor correlación con C.B.R en estado saturado, y también se puede determinar que no existe correlación entre C.B.R y el límite de plasticidad y clasificación del suelo.

#### **Definición de PDC: (penetración dinámica de cono)**

Osorio (2011), La fuerza de penetración medida es una función de la resistencia al corte "in situ" del material, y el perfil de profundidad muestra las propiedades del material de todas

las capas de la estructura hasta una profundidad de auscultación determinada. El instrumento P.D.C. puede medir la fuerza de penetración de diferentes capas de la carretera.

Esta penetración es una función de resistir el corte "in situ" de materiales de embalaje estructural. Por lo tanto, el perfil de profundidad muestra las propiedades in situ de materiales con diferentes capas de composición que se encuentran en la prueba en condiciones reales.

### **Descripción del equipo PDC:**

Casas (2011), El dispositivo P.D.C. está compuesto por 3 cuerpos principales (ver Figura 1):

- La regla de medición de profundidad está calibrada en centímetros y / o pulgadas. –Lanza perforadora con cono de acero templado 60° al final de la rosca. -El eje guía equipado con caída libre se instala debajo de los topes superior e inferior. El principio de funcionamiento es simple: la sonda con el extremo cónico penetra continuamente en la capa del suelo bajo la acción dinámica de la masa "M", y la masa "M" cae libremente desde la altura "H" desde una altura fija y una altura predeterminada. Esta prueba no toma muestras.

### **Ensayo de penetración dinámica:**

Osorio (2011), La operación en laboratorio del P.D.C., se efectúa de manera expeditiva entre dos personas. En el transcurso del ensayo se calcula la cuantía de milímetros que penetra la lanza para un específico número de golpes que se elige arbitrariamente, de acuerdo con la resistencia de los estratos al ser atravesados.

### **Recomendaciones para aplicar el PDC:**

Osorio (2011), Es muy adecuado para la condición densa de la capa arenosa de suelta a densa y la condición de consistencia de la capa de arcilla de dureza media. Debido a sus propiedades dinámicas, no es adecuado para arcillas sensibles de consistencia media a baja.

En suelo arenoso, P.D.C. Los resultados se ven afectados principalmente por la densidad relativa del suelo y el límite efectivo en la profundidad de prueba, similar a los resultados expresados en la prueba de penetración estándar. Para arena extremadamente fina y limo arenoso saturado con densidad relativa superior al valor crítico, P.D.C.

Este puede resultar ser anómalamente alto a causa de las presiones de poros negativas formadas por la dilatación, con el consecuente crecimiento instantáneo de los esfuerzos efectivos y de la resistencia. Muy apropiado para completar investigaciones de suelo,

mezclándolos con perforaciones, muestreos, sondeos y demás ensayos de campo aminorando costos y tiempo, y cubriendo grandes áreas con suficiente información.

### **Número (DN):**

Tupia (2001), establece el DN como la pendiente o índice de penetración conseguido por medio de la relación de penetración vs número de golpes realizado en el ensayo.

### **Ensayo de relación de soporte de California (CBR):**

Este método fue propuesto en la década de 1920, especialmente por el ingeniero T.E. en 1929. Stanton y O.J. Porter del Departamento de Carreteras de California. Desde entonces, en Europa y América, C.B.R.

Se ha vuelto muy común y es un método de clasificación del suelo para su uso como lecho de carretera o material de base en la construcción de carreteras. Durante la Segunda Guerra Mundial, un equipo de ingenieros estadounidenses acogió con satisfacción la prueba para ser utilizada en la construcción de aeropuertos.

### **Definición del CBR:**

Webster (1994), C.B.R. (relación de carga de California: relación de carga de California) mide la Resistencia al corte del suelo en condiciones controladas de humedad y densidad para obtener la relación de carga (%).

(%) CBR se define como la fuerza requerida para normalizar el pistón para penetrar a la profundidad especificada, expresada como el porcentaje de la fuerza requerida del pistón para penetrar a la profundidad especificada. Se expresa como el porcentaje de fuerza requerido para que el pistón penetre a la misma profundidad y a la misma velocidad en una muestra estandarizada formada a partir de una muestra modelo de material roto.

El ensayo permite conseguir un número de la relación de soporte, que no es firme para un suelo dado, sino que se emplea sólo al estado en el que se hallaba el suelo mientras se realizaba el ensayo. C.B.R. se usa cuando se trata de evaluar la masa relativa del suelo de la sub rasante, ciertos materiales de la sub rasante y sustratos granulares. Estos sustratos contienen solo una pequeña cantidad de material que pasa a través de un tamiz de 50 mm y permanece en un tamiz de 20 mm. Se recomienda que esta parte no supere el 20%. La prueba se puede realizar en el laboratorio y en la zona, aunque esta última no está bien realizada. La expresión que define a C.B.R. es la siguiente:

C.B.R. = (carga unitaria del ensayo / carga unitaria patrón) \* 100 (%)

### **Método del CBR:**

Webster (1994), Las pruebas de C.B.R. generalmente usan pruebas de compactación estándar o modificada, realizadas en muestras compactadas al contenido de humedad óptimo de un suelo dado. C.B.R. Incluye las siguientes 3 pruebas: -Determinación de densidad y humedad. -Determina las propiedades de expansión del material. -Determina la resistencia a la penetración.

El comportamiento del suelo cambia según el grado de variación (inalterado y modificado) y su tamaño de partícula y propiedades físicas (granular, de grano fino, menos plástico). Método de determinación de C.B.R será distinto en cada situación

### **Problema general.**

¿Es posible encontrar una correlación entre el CBR y PDC para la Avenida Carapongo Avenida las Torres, Huachipa 2019?

Problemas específicos.

P.E.1: ¿ Bajo qué condiciones del suelo es válida la correlación de CBR vs PDC de la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019?

P.E.2: ¿el valor de PDC está influenciado por la densidad del suelo de la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019.?

P.E.3: ¿la granulometría del suelo afecta la correlación entre el CBR y PDC de la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019.?

### **Justificación del estudio.**

El California Bearing Ratio (CBR) es una prueba de penetración diseñada para determinar la capacidad de carga del suelo compactado en el laboratorio en condiciones de humedad óptima y niveles variables de compactación, y se basa en evaluar la calidad de los materiales utilizados. Todos los niveles de la acera. El valor CBR se expresa como la relación entre la resistencia a la penetración del suelo ensayado y la resistencia proporcionada por la grava de California, y se ha determinado que su valor de soporte es del 100%, esta última es una piedra estándar. Desde su desarrollo hasta la Segunda Guerra Mundial, el índice CBR ha sido adoptado por muchas organizaciones dedicadas al transporte global, principalmente en Estados Unidos y por razones geopolíticas, pero también en países latinoamericanos.

Por otro lado, en los años de 50, el desarrollo de los equipos de penetración dinámica para evaluar la resistencia del suelo, DCP, da inicio al planteamiento de obtención de información de un ensayo a partiendo de otro. El CBR compone una regla casi cosmopolita al momento de delinear la estructura de un pavimento; su procedimiento está instituido y estrechamente documentado. Por ende, un buen uso de su normativa brinda resultados proporcionados; cabe resaltar que está al alcance del laboratorio de suelos normalmente equipado. La prueba PDC muestra las ventajas básicas en el campo de la investigación de suelos subterráneos: la más destacable es la facilidad de procesamiento del equipo, la relativa simplicidad de ejecución de la prueba y el menor costo de inversión. De hecho, el factor más importante que explica su popularidad es que puede proporcionar una estimación válida del índice CBR en 15 minutos (Jahren, Ellsworth y Bergeson, 1999).

De hecho, para imponer técnicamente la correlación entre los dos parámetros (PDC y CBR), es fundamental una gran base de datos, que ahora se ha obtenido a través de diferentes estudios a escala global. Entonces, si no hay sugerencia de correlación entre los indicadores analizados, entonces constituye la forma óptima a considerar antes de la construcción de la carretera. Para realizar la correlación se debe tener sumo cuidado en el desarrollo de los experimentos antes mencionados, especialmente en los tipos de suelo donde se ha determinado cada parámetro. En otras palabras, la correlación no se puede aplicar en todo el mundo, sino que está relacionada con las condiciones del suelo en las que se realiza la prueba.

### **Teórica:**

Teniendo en cuenta los alcances y propósitos de este trabajo, este estudio se hace con el fin de contribuir a la noción existente a cerca obtención de CBR in-situ a través de la correlación con el PDC, cuyas consecuencias lograrán organizarse y sistematizarse de forma que logre ser asociado como un nuevo conocimiento de la ingeniería, concretamente en el uso de CBR para el análisis de suelos con propósitos de diseño de pavimentos flexibles.



## **Metodológica:**

Los procedimientos y métodos utilizados para conseguir el CBR mediante correlación CBR de laboratorio Vs. PDC, son metodologías que pueden ser estudiadas para corroborar su validez y confiabilidad, de forma que podrán ser empleados en otros trabajos de investigación.

## **Hipótesis**

### **Hipótesis general**

- Existe una correlación entre CBR vs PDC en la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019.

### **Hipótesis específicas**

- H.E.1: La correlación CBR vs PDC es válida en el rango de valores entre 10% y 60% de CBR en la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019.
- H.E.2: La densidad del suelo influencia en el valor DN en la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019.
- H.E.3: La correlación entre el CBR y el PDC se ve afectada por la granulometría del suelo en la Avenida Carapongo-Avenida las Torres, Huachipa 2019.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

- Obtener la correlación de CBR vs PDC, a través de, los ensayos del penetrómetro dinámico de cono (PDC) in situ y CBR de laboratorio en la Av. Carapongo-Av. las Torres.

### **Objetivos específicos**

- O.E.1: Determinar los valores de DN para muestras con un CBR ente 10% y 60% de la Av. Carapongo-Av. las Torres
- O.E.2: Determinar la influencia que tiene la densidad del suelo con el DN en la Av. Carapongo-Av. las Torres
- O.E.3: Determinar el efecto que tiene la granulometría del suelo Av. Carapongo-Av.

las Torres con la correlación entre el CBR vs PDC

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Tipo de investigación**

La investigación es experimental y aplicada. Experimental debido a que se toman variables y se manipulan en condiciones controladas. En este caso las variables corresponden al CBR y PDC y se replica un fenómeno en específico y señalando el nivel en el que las variables directamente implicadas y manipuladas causan un efecto especificado. Es decir, su respectiva correlación y aplicación para hallar su CBR en la vía en mención.

Aplicada porque su objetivo es encontrar, edificar y accionar cambiando una actual dificultad. Su objetivo primario es la usanza eficaz para con dicha dificultad o problemática por encima de cualquier saber universal. En ingeniería civil los trabajos investigativos se encuentran en este rubro de estudio. Eso sí, sólo si se está tratando de dar solución a una dificultad.

### **2.2 Variables, Operacionalización.**

Chang y Fernández (2016), hablan de las variables como: conceptualizaciones que componen títulos de un modelo determinado hipótesis. A esta se le va a estudiar la capacidad que tenga para alterar las otras variables

#### **Variables:**

- **Variable independiente:**  
PDC
- **Variable dependiente:** CBR

### **2.3 Población y muestra.**

#### • **Población:**

La población de la investigación se encuentra constituida por los suelos comprendidos entre la Av. Carapongo-Av. Las torres, Huachipa.

#### • **Muestra:**

La muestra se encuentra conformada por seis puntos elegidos intencionalmente en la Av. Carapongo-Av. Las torres, Huachipa.

## **2.4 Validez y confiabilidad.**

La verificación será completada por dos ingenieros civiles que cuenten con maestría, diploma universitario, certificado de calificación y estén clasificados según los parámetros de la escuela profesional.

## **2.5 Metodología de investigación**

La metodología que se utilizó se divide en las siguientes etapas:

**1. Obtención de las muestras, clasificación y cálculo del CBR y DN de laboratorio en diferentes puntos:** se hicieron 6 calicatas de 50cm y se sacaron 40kg de muestra las que han sido llevadas al laboratorio donde se realizarán las prácticas o ensayos para obtener CBR de cada una de las muestras, claro, con su clasificación. Los puntos seleccionados para la realización de las calicatas fueron:

Progresiva 0+000 -entrada de Huachipa-Carapongo

Progresiva 0.5+000- paradero riel. Huachipa-Carapongo

Progresiva 1.0+0000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo

Progresiva 1.5+000- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo

Progresiva 2.0+0000- Sedapal. Huachipa-Carapongo

Progresiva 2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo.

Se tomaron las muestras de la calicata 1 que está ubicada en progresiva 0.000 -entrada de Huachipa-Carapongo, la muestra 3 ubicada en progresiva 0.1000- paradero de la cruz.

Huachipa-Carapongo y la muestra 6 progresiva 0.2500- paradero línea. HuachipaCarapongo.

A las alicatas seleccionadas, como ya se dijo anteriormente se llevaron al laboratorio y se realizaron las siguientes prácticas:

### **Ensayo de Proctor modificado: (ASTM D-1557)**

El Ensayo de Proctor modificado sirve para establecer la correlación que hay entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.

Descripción Ensayo Proctor Estándar.

El ensayo Proctor estándar busca establecer la densidad seca máxima de un suelo y la humedad óptima puntual para obtener esa densidad. Para eso se usarán los siguientes instrumentos:

- ❖ 1 mazo de goma
- ❖ Recipiente metálico
- ❖ Masa manual
- ❖ Muestra
- ❖ Molde y anillo de compactación
- ❖ Báscula ❖ 1 probeta.

**Procedimiento:**

- a. se vacía el material sobre el recipiente metálico. Después con el mazo de goma se deshacen los brumos de mayor tamaño que se encuentra en el material.
- b. Se calcula el agua necesaria para el material. Dado que al mojar la muestra alcanza una humedad de un 8% y se amasa el material hasta que quede uniformemente húmedo.
- c. Se realizan 3 muestras parecidas con distintos porcentajes de humedad. Debido a que, al ejecutar el ensayo de compactación a todas las muestras se logre conseguir el máximo de la curva que relaciona la humedad en un % con la densidad seca.
- d. Sigue el proceso de compactación, el cual, radica en poner la muestra húmeda en el cilindro. Después, La masa manual se golpea desde una altura de 30.5 cm y 2.5kg de peso. Los golpes serían 26 los que se dividirán equitativamente sobre la superficie.
- e. Luego de compactar la primera capa, sigue la capa N° 2, se realiza el mismo procedimiento hasta que hay 4 o más puntos que definen una curva que establece la relación entre la densidad seca con la humedad.
- f. Después se efectúa el enrasado del suelo con el borde del molde. Después de la compactación en el molde de las capas de suelo se quita el collar del molde y se enrasa el suelo con el borde del molde. Cabe decirse, que si hace falta suelo para enrasar con el borde del molde dicho ensayo sería nulo.
- g. Después se toma una cantidad representativa. Derribando la muestra del molde, buscando adquirir dicha muestra representativa de la parte central.

- h. Después a la muestra ya seleccionada se le establece la humedad a través de la normativa UNE 103-501-94.
- i. Por otro lado, puede decirse que hasta el año 2016 se utilizó la norma UNE 103300:1993 la que fue anulada en ese mismo año.

### **CBR: (CALIFORNIA BEARING RATIO) ASTM D1883**

Desarrollado en 1929 por la Administración de Carreteras del Estado de California. Se utiliza en el diseño de pavimentos y para comprobar la resistencia al corte de los materiales que componen la capa de suelo.

CBR se define como la fuerza requerida para que un pistón normalizado penetre en el suelo a una profundidad establecida, y en una muestra de modelo compuesta de grava, la fuerza requerida para que el pistón penetre a la misma profundidad.

$$CBR = \frac{\text{carga unitaria del ensayo}}{\text{carga unitaria patrón}} * 100(\%)$$

Se calcula el CBR para 0.1” y 0.2” son parecidos. Regularmente se le da el valor para 0.1” Pero el CBR correspondiente a 0.2” es muy superior al CBR correspondiente al 0.1”, por lo que se tiene que repetir el ensayo.

Equipos a utilizar:

- ❖ Para la Compactación
- ❖ Molde de diámetro= 6”, altura de 7” a 8” y un collarín de 2”.
- ❖ Disco espaciador de acero diámetro 5 15/16” y altura 2.5”
- ❖ Pisón, 10 lbs
- ❖ Trípode y extensómetro con aprox. 0.001”.
- ❖ Pesas de plomo anular de 5 lbs c/u (2 pesas). Para la prueba de penetración ❖ Pistón sección circular área= 3 pulg<sup>2</sup>.
- ❖ Aparato para aplicar la carga: Prensa hidráulica con anillo de carga. V = 0.05 pulg/min.
- ❖ Anillo calibrado
- ❖ Equipo misceláneo: Balanza, horno, tamices, papel filtro, tanques para inmersión de muestra a saturar, cronómetro, extensómetros, etc.

## **Procedimiento.**

- a. Se prepara la muestra indispensable suponiendo una cantidad suficiente para moldear tres muestras.
- b. Los moldes se compactan con el óptimo contenido de humedad obtenido con el ensayo proctor modificado
- c. Se disponen los tres moldes CBR y se ubican a las placas de base. Hay que poner un disco espaciador sobre la placa de la base de cada molde.
- d. Se compacta cada molde a distintas energías de compactación.
- e. La energía de compactación se controla con el N° de golpes y serán de 56, 25 y 12 golpes por capa respectivamente.
- f. Luego de compactado, se enrasa y se retira de la placa de base.
- g. Se gira el molde de manera que la parte superior esté abajo, se quita el disco espaciador y hay un espacio donde se colocará la sobrecarga.
- h. Se fija de nuevo a la placa de base. Después la muestra se encuentra lista para la fase de saturación.
- i. Se pone un papel filtro sobre la parte superior de la muestra. Después se ubica la placa perforada con vástago ajustable y se ponen las pesas de sobrecarga.
- j. El trípode con el cuadrante medidor de deformaciones se sitúa sobre el canto del molde y se ajusta al vástago de la placa perforada. Se registra la lectura y se extrae el trípode.
- k. Se sumerge el molde en un depósito con agua y se deja llenar por 4 días. Se pone el soporte de trípode encima de la muestra cada día y tomar nota la lectura de la expansión.
- l. Pasados los 4 días, se extrae el molde, se deja drenar por 15 minutos más o menos.
- m. Se extraen las pesas, la placa perforada y el papel filtro. Se ponen de nuevo las pesas de sobrecarga y se prepara para la etapa de penetración.
- n. Se pone el molde sobre el soporte de carga de la prensa y se ajusta de forma que el pistón quede centrado con la muestra y se pone en cero el indicador de presión del anillo de carga y el dial de deformación.

### **Procedimiento de penetración.**

- a. La velocidad de penetración del pistón en el suelo es de 0.05 de pulgada por minuto. La velocidad se controla con un cronómetro, se registran las lecturas de la presión a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.200, 0.300, 0.400, y 0.500 pulgadas de penetración.
- b. Después de terminada la prueba, se extraen las sobrecargas, se rescata el suelo ensayado y se toma muestra para definir la humedad final.

### **Ensayo PDC de laboratorio (I.NV. 127-07)**

En los moldes con material ya compactados y después de haber realizado el ensayo de CBR para la calicata 1 en 12,25 y 26 golpes, para la calicata 2 y 3 en 12,25 y 56 golpes se realiza el ensayo PDC sobre los especímenes ya mencionados.

Equipos a utilizar.

- ❖ Moldes con las muestras
- ❖ Equipo pdc

### **Procedimiento.**

El ensayo se fundamentó en soltar en caída libre la pesa de 8kg sobre la base de la barra de acero para que de esta manera encaje la punta del cono en el molde compactado a 12 golpes de la calicata 1 con el impacto recibido.

- a. Se realizó el procedimiento 4 veces más y se obtuvo la primera profundidad. O sea, cada 5 golpes se obtiene un valor de profundidad en mm.
- b. Después se hizo el mismo procedimiento y a los cinco impactos se toma una medida de profundidad alcanzada. Se efectuó el mismo procedimiento hasta alcanzar el fondo del molde y se realiza el ensayo de los 8 distintos moldes propuestos.
- c. Después de tener las profundidades y los golpes recolectados procedemos a realizar una correlación de N° golpes vs penetración en mm. De esta manera se consigue la forma pendiente-intersección de una ecuación lineal de la forma  $mx+b$  donde  $m$  es la pendiente, en este caso sería nuestra pendiente de penetración o el DN.

- d. El paso anterior se efectúa para los 8 moldes restantes consiguiendo de esta forma 3 DN por punto. O sea, 1 DN por cada 12 golpes, 1 por cada 25 golpes y 1 por cada 56 golpes por calicata.

### **Granulometría. (NTP 400.012)**

El ensayo de granulometría se hace para hallar los distintos tamaños de las partículas que hay en la muestra de suelo con propósitos de estudio tanto de su origen como de sus propiedades mecánicas. Pero, este ensayo no es viable por sí solo, por lo que, por dicho motivo junto con este se ejecutan otros ensayos para establecer las propiedades que rigen el suelo al momento de clasificarlo y también este sirve para la realización de otros ensayos.

Antes de comenzar con la ejecución de este ensayo se debe cuartear la muestra extraída de la calicata. La muestra debe ser no menos a 500gr. Esta muestra se pesa con la tara y es colocada al horno a una temperatura  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas.

Después del secado de la muestra y después de pesada se le añade agua en la tara y se pone en el tamiz N° 200. La muestra debe lavarse a mano operando ligeramente hasta que el agua que pase por el tamiz sea clara. Después de lavada debe ponerse la muestra al horno a una temperatura de  $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$  durante 24 horas. Después de que pasó el tiempo de secado, se seca la muestra y se vuelve a pesar para conseguir el % de finos y continuamos con el ensayo de los tamices.

Equipo a utilizar:

- ❖ Horno
- ❖ Tara para depositar y secar las muestras
- ❖ Balanza calibrada.
- ❖ 2 cepillos y 1 brocha para el limpiado de las mallas de los tamices
- ❖ Tamices organizados de la siguiente manera N°200, N°140, N°100, N°60, N°40, N°20, N°10, N°4, 3/8", 3/4", 1", 1 1/2"

### **Procedimiento**

- a. Se esparce la muestra en los tamices y se revuelve tapando la parte de arriba para no perder peso.
- b. Este proceso se efectúa manualmente desplazando de un sitio a otro y recorriendo circunferencias con el movimiento de manera que la muestra se conserve en



constante movimiento sobre la superficie del tamiz durante más o menos un minuto.

- c. Se extrae cuidadosamente el suelo retenido en cada tamiz y se pesa, es significativo tener en cuenta que no tiene que haber partículas atrapadas en el tamiz.
- d. Se toman las cantidades retenidas en cada tamiz, se pesan y se apunta del lado del tamiz que corresponda.
- e. Se grafica en una hoja granulométrica % que pasa por cada tamiz vs la abertura de los tamices. Obteniendo de este modo los C10, C30 y C60.
- f. Luego se consiguen los coeficientes de uniformidad y coeficiente de curvatura. Por medio de las siguientes ecuaciones:

$$Cu = \frac{D60}{D10}$$

$$Cc = \frac{D30^2}{D10 * D60}$$

### **Límites de Atterberg. (UNE 103-103-94)**

Los límites de Atterberg establecen el rango de humedades en donde un determinado suelo tiene un comportamiento plástico. Los más utilizados son el límite líquido y el límite plástico. De estos se obtendrá el IP, la práctica para la obtención de los límites se ejecuta en el laboratorio de acuerdo a la norma UNE 103-103-94 que se encarga de la normalización del procedimiento de casa grande y a lo que se requiere el uso de la cuchara o aparato que lleva su nombre. Este radica en una copa metálica que se deja caer sobre una superficie dura de características especificadas.

Equipos y materiales a utilizar:

- ❖ Máquina de Casagrande (referencia: norma ASTM N° D 4318-95a)
- ❖ Acanalador de Casagrande
- ❖ Balanza de sensibilidad 0.1gr
- ❖ masa de goma
- ❖ Varios: espátula de acero flexible, cápsulas de porcelana, placa de vidrio, horno regulable a 110°, agua destilada.

## **Procedimiento**

- a)** Se comienza partiendo de una muestra modificada de suelo, se divide en fracciones representativas y en cantidad suficiente para conseguir por lo menos 200gr de su fracción fina.
- b)** Se esparce la porción especificada en un recipiente se mete en el horno a temperaturas menores a 60° el tiempo que sea requerido para su secado. De tal forma, que se consiga desmenuzar completamente
- c)** Después se saca del horno y se echa en una bandeja más grande para pulverizarla con una masa de goma vigilando no arruinar los granos individuales.
- d)** El producto pulverizado se pasa por el tamiz N°400 el que detiene las partículas de más de 0.40mm hasta obtener unos 200 gr de su porción fina menor al tamaño de la arena. Esta porción será la que ayudará para la ejecución del ensayo.
- e)** Se agrega agua destilada y se amasa la muestra con una espátula hasta obtener un nivel de humedad próximo al de su límite líquido, pero debajo de este. Se deja descansar durante dos horas resguardada de la desecación. Esto se realiza con el propósito de conseguir una buena homogeneidad.
- f)** con la cuchara de Casagrande se compacta en su interior una fracción del suelo dispuesto, estableciendo una superficie lisa de unos 10 mm de espesor máximo.
- g)** Se hace un surco lineal con el acanalador de Casagrande.
- h)** Después de que la copa situada en la máquina se procede a su golpeo desde una altura de 1cm y con una cadencia de 2golpes/segundo hasta que los labios del surco se unan por el fondo con una distancia de 13 mm.
- i)** Después un fragmento tomado del fondo de la copa entre 10 y 15 gr de masa se ponen a secar para poder obtener el % de humedad. Este procedimiento es reiterativo para las muestras seleccionadas por cada calicata.
- j)** Teniendo el N° de golpes y % de humedad en escala logarítmica se grafica el %de humedad vs N° de golpes, se traza una paralela en el eje N° de golpes que sale del punto 25 y en el punto donde se intercepte entre las determinaciones efectuadas se obtendrá el límite líquido buscado.

### **Limite plástico (I.N.V. E – 126 – 07)**

El **límite plástico** es la humedad más baja o la humedad de referencia en donde el suelo pasa de tener un comportamiento frágil a tener un comportamiento plástico. Es decir, es la humedad límite que tiene ese suelo entre su estado sólido y su estado plástico.

En este ensayo al igual que en el ensayo pasado (líquido líquido), es indispensable para la obtención del IP (índice de plasticidad). Ahora, se podrá comprender el procedimiento para poder realizar el ensayo paso por paso.

Equipos y materiales a utilizar:

- ❖ Capsula de porcelana
- ❖ Horno
- ❖ Espátula
- ❖ Balanza de sensibilidad 0.1gr
- ❖ Latas de humedad
- ❖ Agua destilada

#### **Procedimiento:**

- a) Partiendo de una muestra de más o menos 20 gr representativa de suelo la que se pone a secar en el horno y después se tamiza por medio del tamiz N°40
- b) Se le añade agua destilada y se mezcla homogéneamente (sin olvidar obtener los pesos de las capsulas vacías)
- c) Del suelo preparado se sacan varias masas con forma de elipses y se moldean con las manos.
- d) Se hacen rollos con las masas conseguidas usando la palma de la mano. Este proceso se vuelve a hacer durante 1 minuto o hasta que el rollo obtenga un aproximado de 1/8". Se fracciona en varias partes y se les da forma de cilindro con la palma de la mano.
- e) Lo anterior se realiza hasta que el nuevo rollo alcance 1/8". Es posible que un rollo pueda sucumbir antes de alcanzar la medida precisada de 1/8". Si la muestra se quiebra antes de llegar a 1/8" se le añade agua y se realiza el procedimiento.
- f) Si la muestra se quiebra cuando ya se ha llegado a 1/8" se habrá llegado a su límite plástico, de esta forma se toma y se pesa la tara y la muestra húmeda, se seca y se pesa la tara con la muestra seca. Consiguiendo de esta forma:

- ❖ Peso de tara y masa húmeda
- ❖ Peso de tara y masa seca
- ❖ Peso de tara
- ❖ Peso del agua
- ❖ Peso de masa seca
- ❖ Contenido de humedad.

g) Con los datos tomados de la muestras como mínimo se toman sus densidades y se promedian, para obtener un límite plástico.

### **Índice de plasticidad. (I.N.V. E – 126 – 07)**

El índice de plasticidad de un suelo es el tamaño del intervalo de contenido de agua, que se expresa como un porcentaje de la masa seca que se encuentra en el suelo, donde el material se encuentra en un estado plástico. Ese índice hace referencia al diferencial numérico que hay entre el límite líquido y el límite plástico del suelo.

$$IP = LL - LP$$

Donde cada parte representa:

LL= límite líquido.

LP=límite plástico.

### **Clasificación de suelos mediante SUCS Y AASHTO. (CE 0.20)**

Mediante un software computacional “SOIL CLASSIFICATION” se realiza la clasificación de cada suelo. Para su clasificación por medio de SUCS la aplicación del software se necesita:

- ❖ límite líquido
- ❖ índice de plasticidad
- ❖ porcentaje que pasa por la malla N°4
- ❖ porcentaje que pasa por la malla N°200
- ❖ Cu
- ❖ Cc

Mientras que para AASHTO requiere:

- ❖ porcentaje que pasa por la malla N°10

- ❖ porcentaje que pasa por la malla N°40
- ❖ porcentaje que pasa por la malla N°200
- ❖ límite líquido
- ❖ índice de plasticidad

De esta forma se consiguió la obtención del Proctor, del CBR 01” y 0.2” para 12, 25 y 56 golpes por excavación o calicata determinada, PDC de laboratorio, Granulometría, Límites de Atterberg y su clasificación.

## **2. Realización de ensayos para DN de campo en los diferentes puntos:**

Se inicia en el progresiva 0.000 ubicada en la entrada de Huachipa-Carapongo. El cual se basó en dejar caer una pesa de 8kg (en caída libre) sobre la base de la barra de acero, para que así encaje la punta del cono en el área impactada. Se realizó el proceso 4 veces más el procedimiento anterior y se consigue la primera profundidad. Después se repitió el procedimiento y a los 5 impactos nuevamente se toma otra medida de profundidad alcanzada. Se hizo el mismo procedimiento hasta que se llegó a los 50cm y se realizó el ensayo en 5 puntos distintos. Los que son:

Progresiva 0.500- paradero riel. Huachipa-Carapongo

Progresiva 1.0+000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo

Progresiva 1.5+000- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo

Progresiva 2.0+000- Sedapal. Huachipa-Carapongo

Progresiva 2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo

De este forma tenemos para el punto 0.000 entrada de Huachipa-Carapongo N° golpes y distintas profundidades. Haciendo la correlación de N° golpes vs penetración en mm. De esta forma se consigue la forma pendiente-intersección de una ecuación lineal de la forma  $mx+b$  donde m representa la pendiente, en este caso sería nuestra pendiente de penetración o el DN. Se realiza el mismo procedimiento para el resto de puntos ya especificados obteniendo de este modo 1 DN por punto. Para ello se empleó la herramienta tecnológica EXCEL

### **3. Obtención de la ecuación que correlaciona DN vs CBR:**

Después de tener los valores de CBR 01” y CBR 02” para la calicata 1 en 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes. Para la calicata dos también, 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes y del mismo modo para la calicata 3, 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes. Hay 9 valores de CBR 01” y 9 valores de CBR 02”. Por otro lado, en el ensayo de PDC en laboratorio se consiguieron valores para DN en la calicata 1 a 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes, para la calicata dos 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes y para la calicata del mismo modo, 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes como se dijo anteriormente. A través del software informático de EXCEL adquirimos la relación de CBR 01” VS DN Y CBR 02” VS DN y de esta forma, obtenemos la ecuación que nos permitirá pronosticar el CBR para los diferentes puntos del tramo con solo tener el DN para el tramo deseado. Puede mencionarse que entre las dos ecuaciones encontradas: CBR 01” VS DN Y CBR 02” VS DN se utilizará la ecuación que tenga un R2 mayor. Debido a que, es la que explica mejor el CBR en un gran porcentaje.

### **4. Predicción del CBR mediante la ecuación propuesta.**

Hay que seleccionar una ecuación correcta, seguidamente se tomarán los DN que se encontraron en el campo para reemplazarlos en la ecuación, obteniendo así los CBR en cada uno de los puntos.

### III. RESULTADOS

En este capítulo se busca conseguir la correlación del PDC vs CBR a través de estudios de suelos de laboratorio y ensayos en campo. A continuación, veremos el resumen de los resultados y obtención de dicha correlación. Para más detalles de los estudios de suelos de laboratorio realizados y ensayos de campo remitirse a la sección de anexos.

#### 3.1 Características del suelo, cálculo de CBR y DN de laboratorio

##### Caracterización del material (clasificación)

Determinación de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la Av. Carapongo Av. las Torres y su clasificación.

##### 3.1.1 límites de consistencia y coeficientes CC Y Cu en la progresiva 0+000 -entrada de Huachipa-Carapongo - C1.

**Tabla 1. Resumen de las propiedades del terreno para C1.**

| PROGRESIVA<br>0.000<br>ENTRADA DE<br>HUACHIPA-<br>CARAPONGO.<br>C-1 | LÍMITES Y<br>COEFICIENTES | %      | MATERIAL | %                            | CLASIFICACIÓN |        |
|---|---------------------------|--------|----------|------------------------------|---------------|--------|
|   | LL                        | 19.52  | GRAVAS   | 22.7                         | SUCS          | AASHTO |
| IP  | 3.71                      | ARENAS | 74       | SP: ARENA<br>MAL<br>GRADUADA | A-1-b         |        |
| Cu  | 15                        | FINOS  | 3.3      |                              |               |        |
| Cc  | 0.4                       | TOTAL  | 100      |                              |               |        |

Fuente: Elaboración propia.

Los suelos de la calicata 1 progresiva 0+000 -entrada de Huachipa-Carapongo se clasificó por SUCS en SP: arena mal graduada y por AASHTO: A-1-b Excelente a bueno.

##### 3.1.2 límites de consistencia y coeficientes CC Y Cu en la progresiva 1.0+000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo - C2.

**Tabla 2. Resumen de las propiedades del terreno para C2.**

| PROGRESIVA<br>0.1000-<br>PARADERO DE LA CRUZ.<br>HUACHIPACARAPONGO-<br>C2. | LÍMITES Y<br>COEFICIENTES | %      | MATERIAL | %  | CLASIFICACIÓN |        |
|--|---------------------------|--------|----------|--|---------------|--------|
|  | LL                        | 14.22  | GRAVAS   | 16   | SUCS          | AASHTO |
| IP   | 4.34                      | ARENAS | 77.6     | SP-SC:<br>ARENA<br>MAL<br>GRADUADA<br>CON<br>ARCILLA | A-2-4         |        |
| Cu   | 10.2                      | FINOS  | 6.4      |  |               |        |
| Cc   | 0.8                       | TOTAL  | 100      |  |               |        |

Fuente: Elaboración propia.

Los suelos de la calicata 2 Progresiva 1.0+000 paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo se clasificó por SUCS en SP-SC: arena mal graduada con arcilla y por AASHTO: A-2-4 Excelente a bueno

**3.1.3 límites de consistencia y coeficientes CC Y Cu en la progresiva 1.0+000 en la Progresiva 2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo - C3 Tabla 3 Resumen de las propiedades del terreno para C3.**

| Progresiva 0.2500-<br>paradero línea.<br>HuachipaCarapongoC3. | LÍMITES Y<br>COEFICIENTES | %   | MATERIAL | %      | Clasificación                |       |
|---|---------------------------|-----|----------|--------|------------------------------|-------|
|   | LL                        |     | 16.9     | GRAVAS | 25.4                         | SUCS  |
| IP  |                           | 3.1 | ARENAS   | 72.9   | SP: ARENA<br>MAL<br>GRADUADA | A-1-b |
| Cu  |                           | 9.3 | FINOS    | 1.7    |                              |       |
| Cc  |                           | 0.6 | TOTAL    | 100    |                              |       |

Fuente: Elaboración propia.

Los suelos de la calicata 3 Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo. se clasificó por SUCS en SP: arena mal graduada y por AASHTO: A-1-b Excelente a bueno.

**3.2 Ensayo PDC- laboratorio.**

Determinación del DN de laboratorio los diferentes puntos de la Avenida Carapongo Avenida las Torres mediante la correlación número de golpes vs. profundidad.

**3.2.1 RESUMEN DN DE LABORATORIO.**

**Tabla 4. Resumen de DN de laboratorio.**

| DN (mm/golpe) | PUNTO              | MOLDE     |
|---------------|--------------------|-----------|
| 0.7           | Progresiva 0+000   | 12 golpes |
| 0.4           | Progresiva 0+000   | 25 golpes |
| 0.3           | Progresiva 0+000   | 56 golpes |
| 0.8           | Progresiva 1.0+000 | 12 golpes |
| 0.7           | Progresiva 1.0+000 | 25 golpes |
| 0.6           | Progresiva 1.0+000 | 56 golpes |
| 0.6           | Progresiva 2.5+000 | 12 golpes |
| 0.4           | Progresiva 2.5+000 | 25 golpes |
| 0.4           | Progresiva 2.5+000 | 56 golpes |

Fuente: Elaboración propia.



### 3.3 Determinación del PROCTOR MODIFICADO Y CBR de laboratorio del tramo de carretera de la Av. Carapongo-Av. las Torres.

C1: Progresiva 0+000 -entrada de Huachipa-Carapongo.

C-2: Progresiva 1.0+000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo.

C3: Progresiva 2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo.

Se obtuvieron las gráficas de penetración para cada muestra compactados a los 12, 25 y 56 golpes (5 capas), las gráficas de diagrama de Proctor y el diagrama de CBR vs Densidad de la calicata 1, 2 y 3. Lo anterior se pueden visualizar en el anexo 3. En las siguientes tablas de resúmenes podremos ver los resultados del Proctor, la máxima densidad seca en cada calicata, asimismo, el óptimo contenido de humedad en las tres calicatas. Por otra parte, están resumidos los CBR a 0.1 y 0.2 de cada calicata por 12, 25 y 56 golpes con las respectivas densidades de cada uno y por último se aprecia el CBR al 95% y al 100% de la calicata 1,2 y 3.

#### 3.1 Resumen de Proctor modificado en C1, C2 Y C3 Tabla 1.

##### Resumen de Proctor modificado en C1, C2 Y C3.

| PROCTOR MODIFICADO                        |                 |                 |                 |
|---|-----------------|-----------------|-----------------|
|   | C1              | C2              | C3              |
| PROCTOR MODIFICADO                        | : ASTM<br>D1557 | : ASTM<br>D1557 | : ASTM<br>D1557 |
| MÉTODO DE COMPACTACIÓN                    | :A              | :A              | :A              |
| MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> ) | 1.943           | 2.110           | 2.065           |
| ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)           | 8.0             | 8.8             | 9.2             |

Fuente: Elaboración propia.

3.3.2 Estimación de los valores %CBR para los puntos escogidos.

**Tabla 7. Resumen de CBR% en C1, C2 Y C3.**

|        |                  |             |             |          | VALOR CBR(%)   |      |      |
|--------|------------------|-------------|-------------|----------|----------------|------|------|
| PUNTOS | CBR              | CBR%<br>0.1 | CBR%<br>0.2 | DENSIDAD |                | 0.1" | 0.2" |
| C1     | CBR 12<br>GOLPES | 13.5        | 18          | 1.80     | AL 100%<br>MDS | 29   | 41.5 |
|        | CBR 25<br>GOLPES | 18          | 23          | 1.92     |                |      |      |
|        | CBR 56<br>GOLPES | 29          | 41          | 1.94     | AL 95%<br>MDS  | 17.5 | 27.0 |
| C2     | CBR 12<br>GOLPES | 14          | 19          | 1.77     | AL 100%<br>MDS | 27.0 | 36.0 |
|        | CBR 25<br>GOLPES | 18          | 23          | 1.69     |                |      |      |
|        | CBR 56<br>GOLPES | 28          | 39          | 1.58     | AL 95%<br>MDS  | 22.0 | 28.0 |
| C3     | CBR 12<br>GOLPES | 13.5        | 17          | 1.48     | AL 100%<br>MDS | 50   | 50   |
|        | CBR 25<br>GOLPES | 28          | 37          | 1.87     |                |      |      |
|        | CBR 56<br>GOLPES | 50          | 50          | 2.07     | AL 95%<br>MDS  | 36   | 43   |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.4 ENSAYOS DE PDC EN CAMPO.

El ensayo PDC se inició en el progresiva 0+000 ubicada en la entrada de Huachipa-Carapongo. El ensayo consistió en dejar caer en caída libre la pesa de 8kg sobre la base de la barra de acero para que de este modo se incruste la punta del cono en el terreno con el impacto recibido. Se hicieron 4 repeticiones más del procedimiento anterior y se obtiene la primera profundidad. Luego se repitió el mismo procedimiento y a los cinco impactos nuevamente se toma otra medida de profundidad alcanzada. Acto seguido se realiza la misma mecánica hasta alcanzar una profundidad de 50 cm. Dicho procedimiento se realizó para los cinco puntos restantes los cuales fueron:

Progresiva 0.5+000- paradero riel. Huachipa-Carapongo

Progresiva 0.1+0000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo

Progresiva 1.5+000- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo  
 Progresiva 2.0+000- Sedapal. Huachipa-Carapongo

Progresiva 2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo

Después de tener todas las lecturas de profundidad y número de golpes. Se procede al cálculo del DN el cual se obtiene mediante la correlación entre número de golpes vs. Penetración en mm. A continuación, podremos observar el resumen del ensayo PDC. A mejor detalle de la realización del ensayo, metodología de la correlación realizada y gráficos, ir a anexos

### 3.4.1 Resumen de DN (mm/golpe) en campo.

Tabla 8. Resumen de DN (mm/golpe) en campo.

| PROGRESIVA   | DN<br>(mm/golpe) |
|--|------------------|
| progresiva 0.000 ubicada en la entrada de Huachipa-Carapongo | 0.45             |
| Progresiva 0.500- paradero riel. Huachipa-Carapongo          | 0.6              |
| Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo   | 0.51             |
| Progresiva 0.1500- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo     | 0.33             |
| Progresiva 0.2000- Sedapal. Huachipa-Carapongo               | 0.59             |
| Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo        | 0.55             |

Fuente: Elaboración propia.

Se procedió con la realización de la correlación entre CBR vs PDC para los suelos SP, SPSC, SP en la Av. Carapongo-Av. las Torres, obteniendo de este modo varios modelos de ecuaciones las cuales nos servirán para hallar el CBR in situ para diferentes puntos en el tramo ya seleccionado.

### 3.5 Correlación para CBR 01” Y CBR 02”

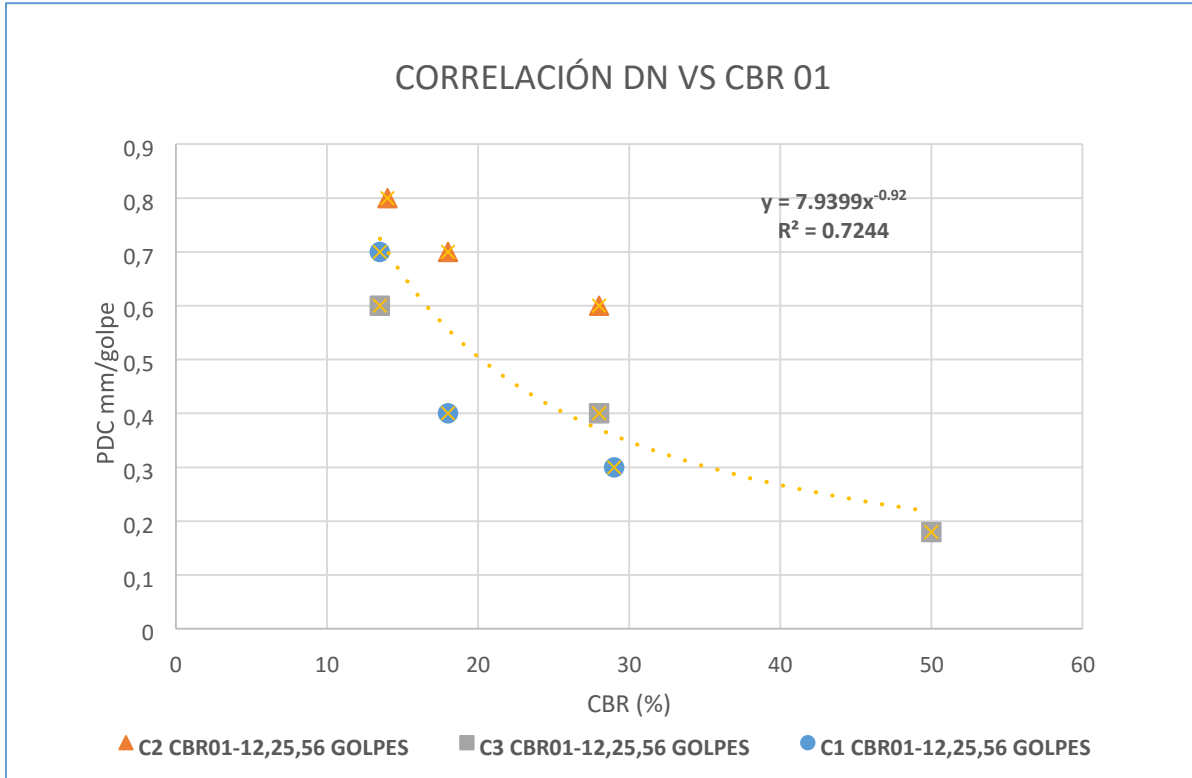
#### 3.5.1CORRELACIÓN GENERAL DN VS. CBR (0.1).

Con los DN obtenidos en los pasos anteriores y el CBR01 de laboratorio se establece la correlación que permita determinar el CBR in situ.

Tabla 9. Correlación DN(mm/golpe) vs CBR01

| CORRELCIÓN DN VS CBR01 |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |                  |
|------------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|------------------|
| CALICATA Y<br>NºGOLPES | C-1 12<br>GOLPES | C-1 25<br>GOLPES | C-1 25<br>GOLPES | C-2 12<br>GOLPES | C-2 25<br>GOLPES | C-2 56<br>GOLPES | C-3 12<br>GOLPES | C-3 25<br>GOLPES | C-3 56<br>GOLPES |
| DN(mm/golpe)           | 0.7              | 0.4              | 0.3              | 0.8              | 0.7              | 0.6              | 0.6              | 0.4              | 0.18             |
| CBR%                   | 13.5             | 18               | 29               | 14               | 18               | 28               | 13.5             | 28               | 50               |

### CORRELACIÓN GENERAL DN VS. CBR (0.1)



Fuente: Elaboración propia

$$\text{CBR } 01 = 7.9399(\text{DN})^{-0.92}$$

$$R^2 = 0.7244$$

### 3.5.2 Correlación según su clasificación para suelos A-1-b (AASHTO) Y SP-ARENA MAL GRADUADA(SUCS)

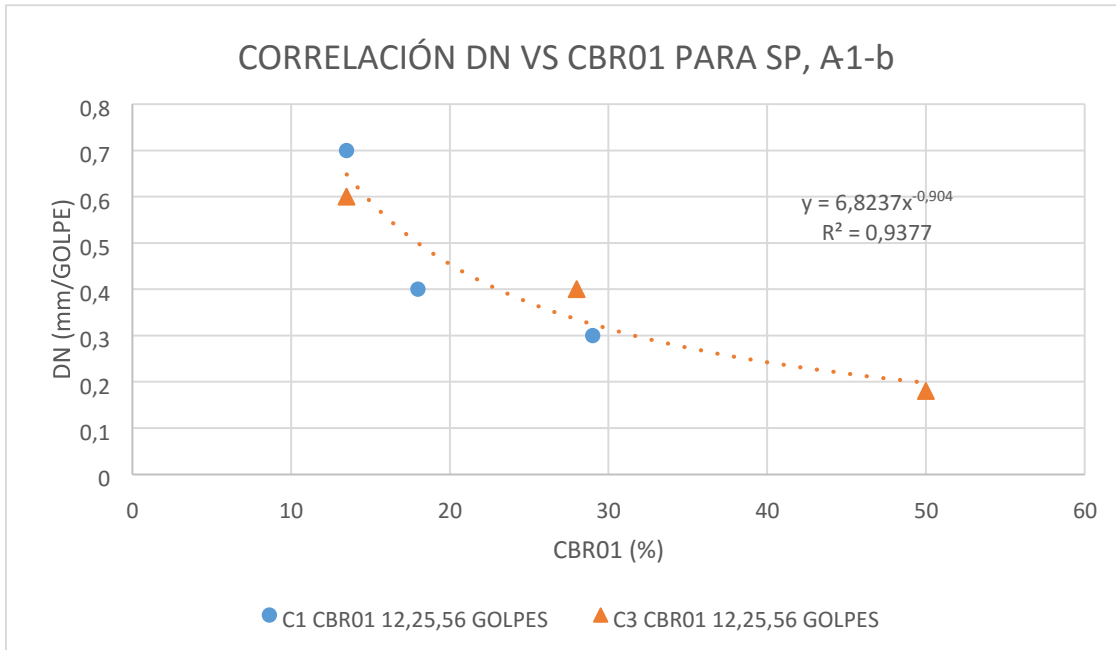
#### Para C1 Y C3 (CBR01)

Las muestras que corresponden al tipo de suelo A-1-b (AASHTO) Y SP-ARENA MAL GRADUADA(SUCS) son las muestras de la calicata 1 y la calicata 3. Por tal motivo se procede a la realización de la correlación entre el DN y el CBR01 correspondiente.

Tabla 9.1 Correlación DN vs CBR01 para suelos A-1-b (AASHTO) y SP(SUCS)

| CORRELACIÓN DE ACUERDO A SU GRANULOMETRÍA DN VS CBR01 C1,C3 |               |               |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| CALICATA Y N°GOLPES   | C-1 12 GOLPES | C-1 25 GOLPES | C-1 25 GOLPES | C-3 12 GOLPES | C-3 25 GOLPES | C-3 56 GOLPES |
| DN(mm/golpe)  | 0.7           | 0.4           | 0.3           | 0.6           | 0.4           | 0.18          |
| CBR%  | 13.5          | 18            | 29            | 13.5          | 28            | 50            |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Se entiende que la granulometría afecta la ecuación encontrada en la correlación DN VS CBR 01. Puesto que, a través de esta se clasifican los suelos y para la clasificación de C1 y C3 (SP: ARENA MAL GRADUADA; A-1-b) obtenemos la siguiente ecuación.

**Ecuación=  $6.8237x^{-0.904}$**

**R<sup>2</sup>=0.9377**

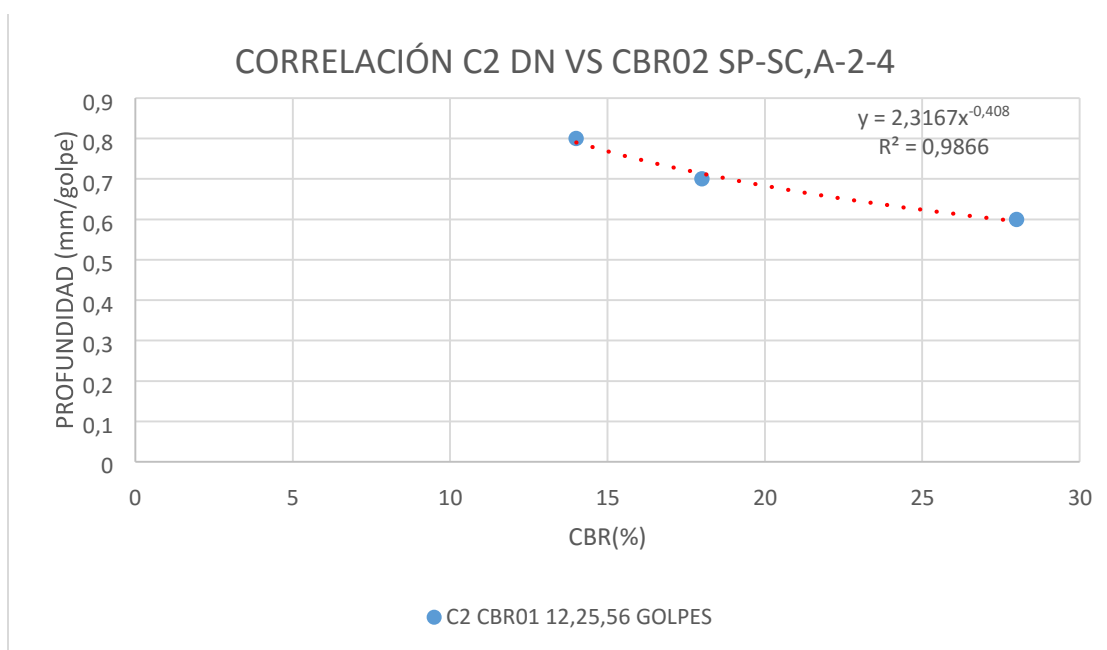
Por lo tanto, al momento de hallar el CBR para este tipo de suelo el resultado será variante con respecto a la ecuación general.

### **3.5.3 Correlación según su clasificación para suelos A-2-4 (AASHTO) Y SP-SC ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA (SUCS)**

#### **Para C2 (CBR01)**

La muestra que corresponden al tipo de suelo A-2-4 (AASHTO) Y SP-SC-ARENA MAL GRADUADA(SUCS) es las muestras de la calicata 2, Por tal motivo se procede a la realización de la correlación entre el DN y el CBR01 correspondiente.

| <b>CORRELACIÓN DE ACUERDO A SU GRANULOMETRÍA DN VS CBR01 C2</b> |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|
| CALICATA Y N°GOLPES   | C-2 12 GOLPES | C-2 25 GOLPES | C-2 56 GOLPES |
| DN(mm/golpe)  | 0.8           | 0.7           | 0.6           |
| CBR%  | 14            | 18            | 28            |



Fuente: Elaboración propia.

Se entiende que la granulometría afecta la ecuación encontrada en la correlación CBR 01 VS DN. Puesto que, a través de esta se clasifican los suelos y para la clasificación de C2 (SP-SC: ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA; A-2-4) obtenemos la siguiente ecuación.

**Ecuación=  $2.3167x^{-0.408}$**

**R2=0.9866**

Por lo tanto, al momento de hallar el CBR para este tipo de suelo el resultado será variante con respecto a la ecuación general

### 3.5.4 RESUMEN DE ECUACIONES OBTENIDAS:

|                    |                              |   |
|--------------------|------------------------------|---|
| <b>ECUACIÓN 01</b> | <b>GENERAL</b>               | <b><math>7.9399(DN)^{-0.92}</math></b>  |
| <b>ECUACIÓN 02</b> | <b>SUELOS (SP; A-1-b)</b>    | <b><math>6.8237(DN)^{-0.904}</math></b> |
| <b>ECUACIÓN 03</b> | <b>SUELOS (SP-SC; A-2-4)</b> | <b><math>2.3167(DN)^{0.408}</math></b>  |

### 3.5.5 CORRELACIÓN GENERAL PDC VS. CBR (0.2)

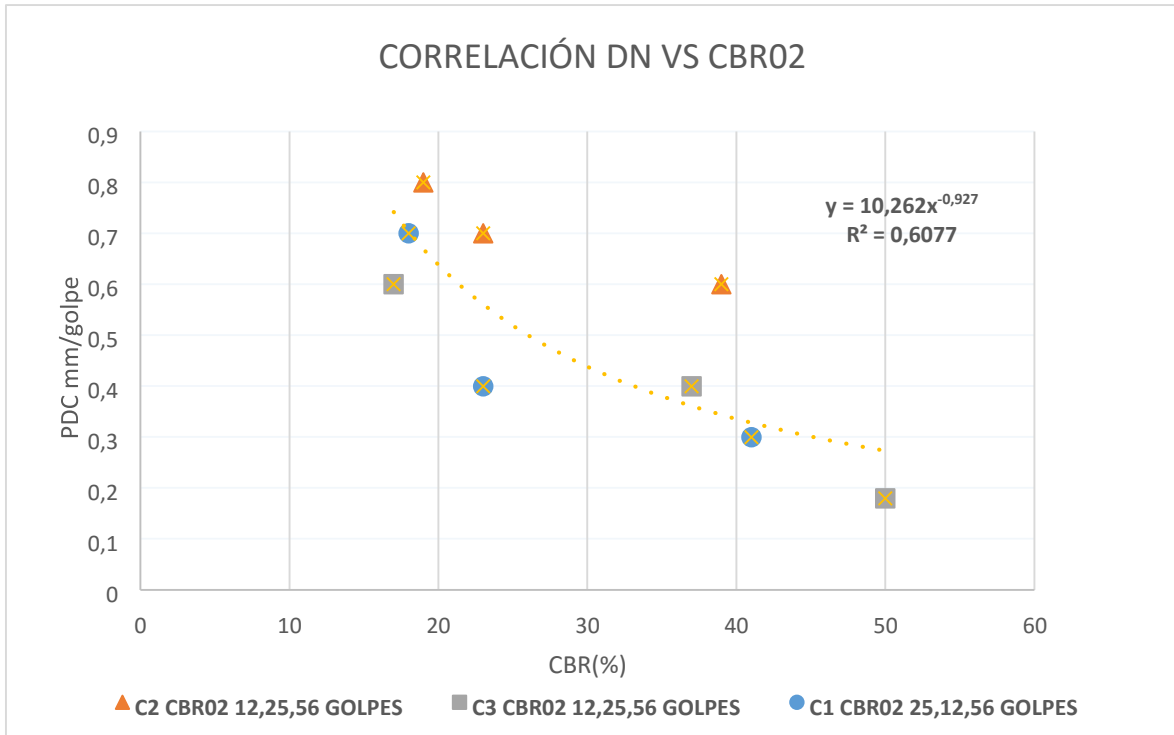
Tabla 10. Correlación DN(mm/golpe) vs CBR02

| <b>CORRELACION 02</b> |               |               |               |               |               |               |               |               |               |
|-----------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| CALICATA Y N°GOLPES   | C-1 12 GOLPES | C-1 25 GOLPES | C-1 25 GOLPES | C-2 12 GOLPES | C-2 25 GOLPES | C-2 25 GOLPES | C-3 12 GOLPES | C-3 25 GOLPES | C-3 56 GOLPES |
| DN(mm/golpe)          | 0.7           | 0.4           | 0.3           | 0.8           | 0.7           | 0.6           | 0.6           | 0.4           | 0.18          |

|      |    |    |    |    |    |    |    |    |    |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| CBR% | 18 | 23 | 41 | 19 | 23 | 39 | 17 | 37 | 50 |
|------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|

Tabla 10. Correlación DN(mm/golpe) vs CBR02

Correlación DN(mm/golpe) vs CBR02



Fuente: Elaboración propia

$$\text{CBR 02} = 10.262(\text{DN})^{-0.927}$$

$$R^2 = 0.6077$$

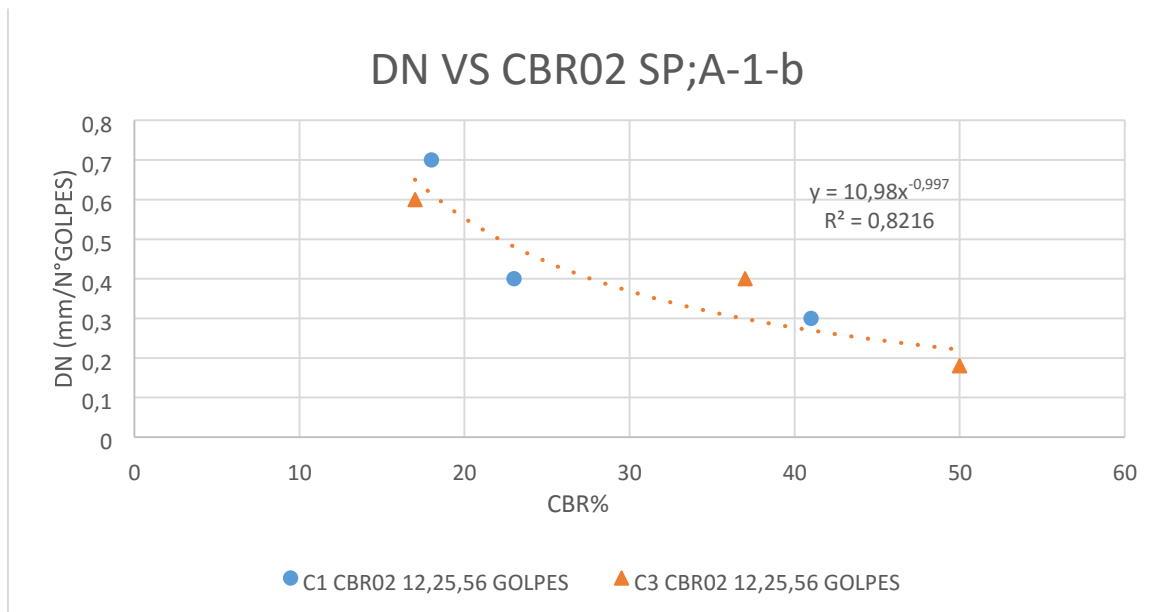
### 3.5.6 Correlación según su clasificación para suelos A-1-b (AASHTO) Y SP-ARENA MAL GRADUADA(SUCS)

#### Para C1 Y C3 (CBR01)

Las muestras que corresponden al tipo de suelo A-1-b (AASHTO) Y SP-ARENA MAL GRADUADA(SUCS) son las muestras de la calicata 1 y la calicata 3. Por tal motivo se procede a la realización de la correlación entre el DN y el CBR02 correspondiente Tabla 10.1 Correlación DN vs CBR02 para suelos A-1-b (AASHTO) y SP(SUCS)

| CORRELACIÓN DE ACUERDO A SU GRANULOMETRÍA DN VS CBR02 |               |               |               |               |               |               |
|---|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| CALICATA Y N°GOLPES                                   | C-1 12 GOLPES | C-1 25 GOLPES | C-1 25 GOLPES | C-3 12 GOLPES | C-3 25 GOLPES | C-3 56 GOLPES |
| DN(mm/golpe)  | 0.7           | 0.4           | 0.3           | 0.6           | 0.4           | 0.18          |
| CBR%  | 18            | 23            | 41            | 17            | 37            | 50            |

Fuente: Elaboración propia.



Fuente: Elaboración propia.

Se entiende que la granulometría afecta la ecuación encontrada en la correlación CBR 02 VS DN. Puesto que, a través de esta se clasifican los suelos y para la clasificación de C1 y C3 (SP: ARENA MAL GRADUADA A-1-b) obtenemos la siguiente ecuación.

Ecuación=  $13.322x^{-0.824}$

R2=0.8216

Por lo tanto, al momento de hallar el CBR para este tipo de suelo el resultado será variante con respecto a la ecuación general.

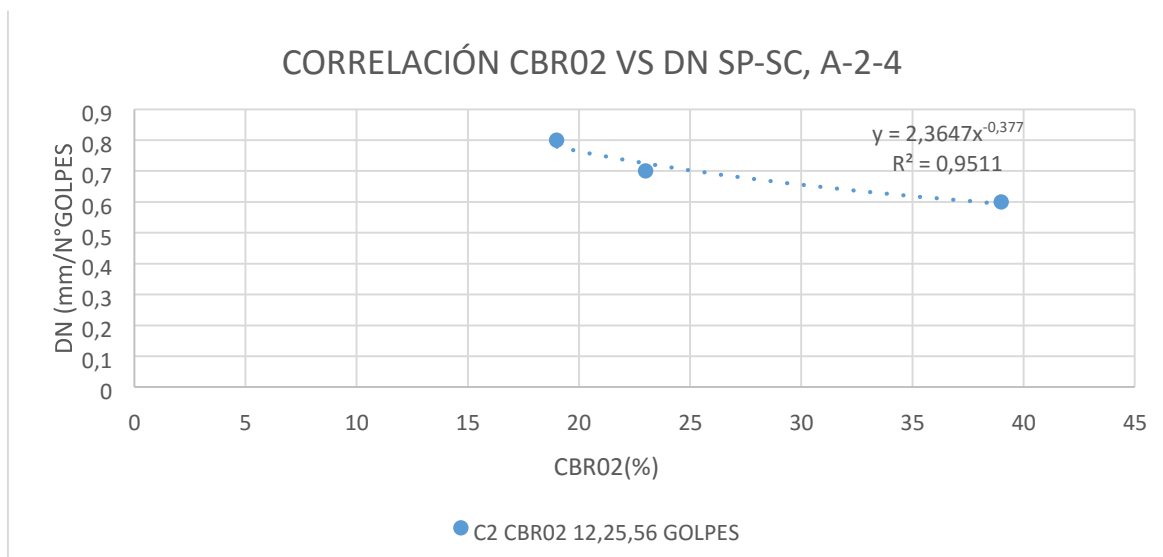
### 3.5.7 Correlación según su clasificación para suelos A-2-4 (AASHTO) Y SP-SC-ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA (SUCS)

#### Para C2 (CBR02)

La muestra que corresponden al tipo de suelo A-2-4 (AASHTO) Y SP-SC-ARENA MAL GRADUADA (SUCS) es las muestras de la calicata 2, Por tal motivo se procede a la realización de la correlación entre el DN y el CBR01 correspondiente.

| CORRELACIÓN DE ACUERDO A SU GRANULOMETRÍA DN VS CBR01 C2 |               |               |               |
|--|---------------|---------------|---------------|
| CALICATA Y N°GOLPES                                      | C-2 12 GOLPES | C-2 25 GOLPES | C-2 56 GOLPES |
| DN(mm/golpe)   | 0.8           | 0.7           | 0.6           |
| CBR%   | 14            | 18            | 28            |





Fuente: Elaboración propia.

Se entiende que la granulometría afecta la ecuación encontrada en la correlación CBR 01 VS DN. Puesto que, a través de esta se clasifican los suelos y para la clasificación de C2 (SP-SC: ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA; A-2-4) obtenemos la siguiente ecuación.

Ecuación=  $2.3647x^{-0.377}$

$R^2=0.9511$

Por lo tanto, al momento de hallar el CBR para este tipo de suelo el resultado será variante con respecto a la ecuación general.

### 3.5.8 RESUMEN DE ECUACIONES OBTENIDAS:

|                    |                              |                                    |
|--------------------|------------------------------|------------------------------------|
| <b>ECUACIÓN 01</b> | <b>GOLBAL</b>                | <b>10.262(DN)<sup>-0.927</sup></b> |
| <b>ECUACIÓN 02</b> | <b>SUELOS (SP; A-1-b)</b>    | <b>13.322(DN)<sup>-0.824</sup></b> |
| <b>ECUACIÓN 03</b> | <b>SUELOS (SP-SC; A-2-4)</b> | <b>2.3647(DN)<sup>-0.377</sup></b> |

De lo anterior se puede decir que la ecuación general para hallar el CBR corresponde a la ecuación generada a través de la correlación de DN VS CBR01. Puesto que, en esta tiene un  $R^2=0.7244$ , mientras que para la ecuación generada en la correlación CBR02 su  $R^2= 0.6077$ . De tal modo, se puede identificar la ecuación de CBR01 deja explicado en un 72.44% el CBR mientras que la ecuación de CBR02 lo explica en un 0.6077.

Por otra parte, es importante resaltar que para los suelos cuya clasificación es A-1-b (AASHTO) y SP-arena mal graduada(SUCS) la ecuación que se debe utilizar para hallar el CBR es la ecuación obtenida a través de la correlación de DN VS CBR01. Puesto que, su  $R^2=0.9377$ , mientras que para esta misma clasificación de suelos la ecuación obtenida para la correlación de DN VS CBR02 su  $R^2=0.8216$ . Lo que deja claro, que la ecuación de CBR01 deja explicada de mejor manera el CBR para este tipo de suelos.

Así mismo para los suelos de clasificación A-2-4 (AASHTO) y SP-SC-arena mal graduada con arcilla(SUCS) se encontró que la ecuación hallada a través de la correlación DN VS CBR01 es la que mejor explica el CBR en este caso. Ya que, su  $R^2= 0.98$ , mientras que, para la ecuación obtenida mediante la correlación DN VS CBR02 para este tipo de suelos su  $R^2=0.95$ . De este modo tenemos que la granulometría afecta directamente la correlación de DN VS CBR. Puesto que la ecuación será diferente para cada clasificación de suelos.

Entonces tenemos que:

La ecuación general está identificada por la siguiente expresión:

$$7.9399(DN)^{-0.92}$$

Para los puntos de las calicatas C1 Y C3 se utilizará la siguiente ecuación para hallar su CBR.

$$EC. C1-C3= 6.8237(DN)^{-0.904}$$

Mientras que, para C2 se utilizará la siguiente ecuación para hallar su CBR

$$EC. C2= 2.3167(DN)^{0.408}$$

Remplazando el DN de campo en las ecuaciones especificadas para cada situación específica como ya se hizo mención anteriormente tenemos que: progresiva 0+000 -entrada de Huachipa-Carapongo (C1)

Progresiva 0.5+000- paradero riel. Huachipa-Carapongo

Progresiva 1.0+0000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo (C2)

Progresiva 1.5+000- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo

Progresiva 2.0+000- Sedapal. Huachipa-Carapongo Progresiva

2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo(C3) **3.5.9**

**Predicción del CBR a través de la ecuación propuesta.**

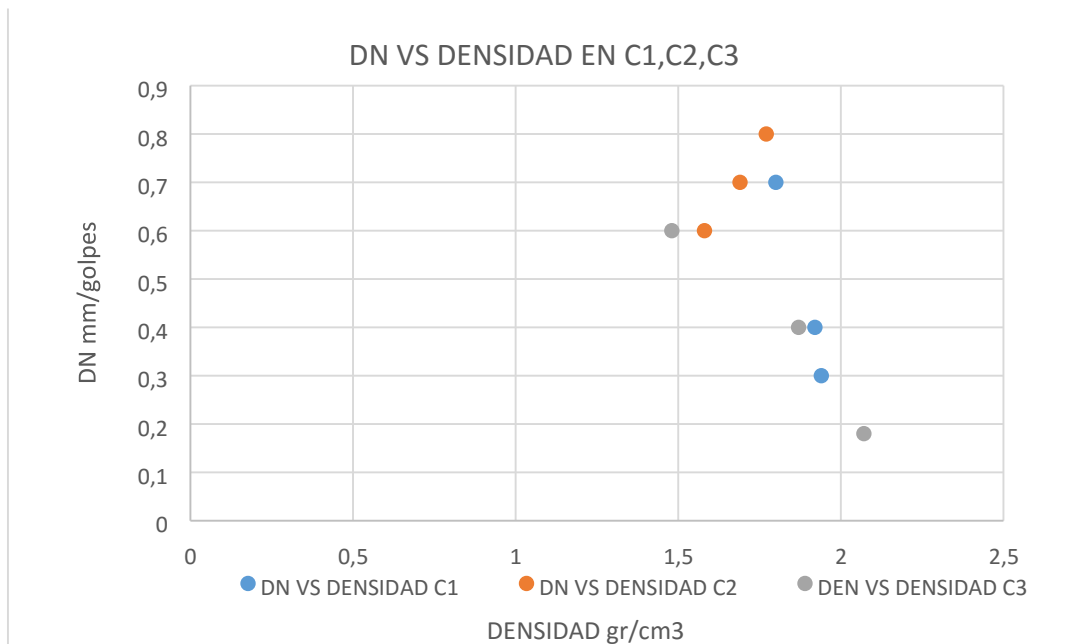
Tabla 11. Predicción del CBR% con la ecuación propuesta.

| PROGRESIVA  | DN<br>(mm/golpe) | Ecuación<br>obtenida  | CBR (%) |
|---|------------------|-----------------------|---------|
| progresiva 0+000 ubicada en la entrada de HuachipaCarapongo | 0.45             | $2.3167(DN)^{0.408}$  | 14      |
| Progresiva 0.5+000- paradero riel. Huachipa-Carapongo       | 0.6              | $7.9399(DN)^{-0.92}$  | 12.7    |
| Progresiva 1.0+000- paradero de la cruz. HuachipaCarapongo  | 0.51             | $6.8237(DN)^{-0.904}$ | 17.6    |
| Progresiva 1.5+000- paradero de Oasis. HuachipaCarapongo    | 0.33             | $7.9399(DN)^{-0.92}$  | 22      |
| Progresiva 2.0+000- Sedapal. Huachipa-Carapongo             | 0.59             | $7.9399(DN)^{-0.92}$  | 12.9    |
| Progresiva 2.5+000- paradero línea. Huachipa-Carapongo      | 0.55             | $2.3167(DN)^{0.408}$  | 11.8    |

Fuente: Elaboración propia.

### 3.5.10 Relación de la DESNIDAD gr/cm<sup>3</sup> vs DN (mm/golpes)

|                                   |           |             |             |             |
|-----------------------------------|-----------|-------------|-------------|-------------|
| <b>DN (mm/N°GOLPES)</b>           | <b>C1</b> | <b>0.7</b>  | <b>0.4</b>  | <b>0.3</b>  |
|                                   | <b>C2</b> | <b>1.77</b> | <b>1.69</b> | <b>1.58</b> |
|                                   | <b>C3</b> | <b>1.48</b> | <b>1.87</b> | <b>2.07</b> |
| <b>Desnidad gr/cm<sup>3</sup></b> | <b>C1</b> | <b>1.8</b>  | <b>1.92</b> | <b>1.94</b> |
|                                   | <b>C2</b> | <b>1.77</b> | <b>1.69</b> | <b>1.59</b> |
|                                   | <b>C3</b> | <b>1.48</b> | <b>1.87</b> | <b>2.07</b> |



Fuente: Elaboración propia.

Se puede entender que el valor DN si está sujeta a la densidad del suelo. Puesto que, mayor densidad del suelo, disminuirá el valor de DN. Ya que, en el ensayo habría que forzar más para que el cono penetre y esto daría como resultado un poco profundidad por número de golpes.

#### IV. DISCUSIÓN

Los resultados de la presente investigación coinciden con los trabajos realizados por Injante (2013) en cuanto a la gran utilización del Penetrómetro Dinámico de Cono por ser Instrumento liviano, multifuncional y económico; de esta manera, se puede trabajar para obtener los datos de resistencia CBR in situ del suelo de cimentación del pavimento y otras capas de la estructura del pavimento, y para comprender el cambio de resistencia CBR con profundidad y profundidad en el trazado de la nueva carretera. De esta forma también puedes descubrir diferentes capas en el suelo. Se ha demostrado la viabilidad del instrumento y la precisión de los resultados es uno de los principales puntos de inconsistencia entre los diversos estudios realizados. Esta es una función de las ecuaciones de correlación y las características locales, el tipo de suelo, la humedad y la actividad de la superficie del suelo, que pueden distinguir las diversas sugerencias encontradas. En cuanto al aspecto metodológico, la presente investigación guarda congruencia con los trabajos realizados por Tupia, Cordova y Hurtado (2012), quienes en su trabajo de “Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio de un equipo de Penetración Dinámica” pudieron establecer que se utilizan equipos de bajo costo para determinar los parámetros locales de la relación con la permeabilidad, lo que brinda a los diseñadores alternativas para complementar las pruebas in situ y comparar las condiciones del suelo con las condiciones del laboratorio. Asimismo, se verificó la resistencia del suelo llano de la calzada, que es una de las investigaciones prioritarias para el desarrollo de la futura construcción vial. También revela que los datos CBR de laboratorio se pueden obtener rápida y fácilmente a través de la prueba PDC in situ, que establece los parámetros de resistencia del suelo estudiado con un grado aceptable de confiabilidad, y se puede utilizar para el diseño futuro de carreteras coincidiendo con lo planteado por Llanos y Reyes (2017).

Por otra parte, en lo que refiere a la estimación del valor de CBR usando penetrómetro de cono dinámico, se obtuvieron resultados muy similares a los de Flórez, Torres, y Peña (2017), quienes estimaron una nueva correlación entre datos del ensayo de Relación de Soporte de California (CBR) y el ensayo de Penetración de Cono Dinámico (DCP) para suelos finos saturados, aunque en la presente investigación no fue exactamente para este tipo de suelos sino para cualquier tipo de suelo ubicado en la vía objeto de estudio, lo cual se convierte en un aporte teórico y metodológico para futuras investigaciones.

## V. CONCLUSIONES.

En síntesis, al dar finalización a esta investigación se puede concluir que, si fue posible encontrar una correlación entre el CBR y EL PDC para la Av. Carapongo-Av. Las Torres, Huachipa, la cual está, sujeta al valor de “R2” para CBR01 VS PDC y para CBR02 VS PDC. Teniendo como resultado que el “R2” que mejor deja explicado el CBR en la correlación es de  $R^2=0.7244$ , correspondiente a la correlación de CBR01 VS PDC.

Dentro de la investigación expuesta se puede observar que la correlación CBR VS PDC es válida bajo los rangos que van desde el 10% y 60% del valor %CBR. Ya que, al momento de hallar los valores de %CBR para los diferentes puntos de la av. Carapongo-Av. Las Torres, se encontró que el valor mínimo de %CBR fue de 11.8% y el máximo fue de 22%.

Asimismo, se puede concluir que la densidad del suelo de la Av. Carapongo-Av. Las torres, Huachipa si afecta el valor DN. Puesto que, a mayor densidad del suelo en el ensayo será más dificultosa lograr la penetración de cono. Por tal motivo, se estima que se requerirá un mayor número de golpes para lograr las diferentes penetraciones, provocando así, variaciones en el valor DN.

En última instancia, se puede resaltar que en la presente investigación la correlación CBR VS PDC si se ve influenciada por la granulometría del terreno. Ya que, por medio de esta, se puede llegar a la clasificación del terreno, logrando así, una correlación para cada clasificación del suelo de la Av. Carapongo-Av. Las torres, Huachipa.

## VI. RECOMENDACIONES

Dentro de una tesis codiciosa y ambiciosa con lo fue esta. Siempre se quiere y se requiere que existan mejoras constantemente. Por tal motivo, se recomienda que tengan interés en la investigación y puedan desarrollar de correcta manera metodologías para la mejora de resultados, a través de un número mayor de ensayos por tramos seleccionados.

También sería importante la inclusión de otros ensayos de laboratorio y en campo para correlacionarlos con los ensayos que en esta investigación se mostraron.

## REFERENCIAS

- Burmhan, T and Johnson, D (1993). In situ foundation characterization using the Dynamic Cone Penetrometer. Study No 9PR3001. Minnesota Department of Transportation.
- Chukka, D. and Chakravarthi, V. (2012). Evaluation of properties of soil subgrade using Dynamic Cone Penetration. International Journal of Engineering Research and Development. Volume 4.
- Description and application of dual mass dynamic cone penetrometer - US Army Corps of Engineers.
- Florez, C., Torres, F. y Peña, C. (2017). Estimación del valor de CBR usando penetrómetro de cono dinámico. Tesis de pregrado. Universidad Francisco de Paula Santander, Bogotá, Colombia.
- Gebremariam, G. and Alemgena, A. (2016). Prediction of CBR using DCP for local subgrade materials. International Conference on Transport and Road Research.
- Gill, K. and Jha, A. (2010). CBR value estimation using Dynamic Cone Penetrometer. Indian Geotechnical Conference-.Geotrendz.
- Harrison. J. (1986). Correlation of CBR and Dynamic cone penetrometer strength measurement of soil. Australian Road Research. Vol. 16.
- Injante, H. (2013). resistencia insitu de subrasante utilizando Penetrómetro Dinámico de Cono en la ciudad de Ica (Tesis de maestría). Universidad Nacional de Ingeniería, Lima, Perú.
- Kenya. J. y Harrison, A. (1986). Correlation of CBR and Dynamic cone penetrometer strength measurement of soil. Australian Road Research. Vol. 16. No 2.



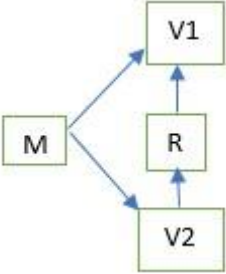
- Kleyn, E. (1975.) The Use of the Dynamic cone Penetrometer (DCP). Transvaal roads department. Rehabilitated Pavement Structures. U.S.A.
- Llanos, A. y Reyes, S. (2017). Estudio comparativo de los ensayos california bearing ratio (CBR) de laboratorio y penetración dinámica de cono (PDC) en la localidad de Pisci”.
- Manotoa, A. (2016). Estudio de la correlación entre los ensayos (DCP) Penetrómetro Dinámico de Cono y (CBR) Relación de Soporte de California en los diferentes tipos de suelos (Tesis de pregrado). Universidad de Ambato, Ecuador.
- Medina, A. (2015). Evaluación superficial del pavimento flexible del Jr. José Gálvez del distrito de Lince aplicando el método del PCI. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Lima, Perú.
- Morales, J. (2015). Técnicas de rehabilitación de pavimentos de concreto utilizando sobrecapas de refuerzo. Universidad de Piura, Perú.
- Nauñay, W. y Mariño, I. (2011). “Modelo de evaluación y mantenimiento para la rehabilitación de la capa de rodadura de la vía Pelileo - Baños”. Universidad Técnica de Ambato. Ecuador.
- Osorio (2011), la penetración medida es una función de la resistencia al corte “in situ” de los materiales y el perfil en profundidad, da una.
- Pantoja, J. (2019) Influencia de la corrección del CBR del terreno de fundación vial en el diseño de pavimentos para el proyecto de conservación vial Santa Rosa, Tramo dv. Humajalso – Huaytire. Tesis de pregrado USIL, Lima, Perú.
- Rivera (2013). Correlación del valor de soporte de california (C.B.R) con la resistencia a la compresión inconfiada

- Rivera, W. (2013). Correlación del valor de soporte de california (C.B.R) con la resistencia a la compresión inconfina y la plasticidad del suelo. Tesis de pregrado, Universidad del Valle, Cali, Colombia.
- Sánchez, M. (2015). Estudio de las fallas en los pavimentos rígidos para el mantenimiento y rehabilitación de las vías principales del municipio de Tamalameque Cesar (tesis de maestría), Universidad Francisco de Paula Santander, Ocaña.
- Smith, R. and Pratt, D. (1983). A Field Study of In situ California Bearing Ratio and Dynamic Cone Penetrometer Testing for Road Investigations. Australian Road Research.
- T.E. Stanton y O.J. Porter del departamento de carreteras de California.
- Tupia, C., Cordova, J. y Hurtado, A. (2012). Evaluación de la capacidad de soporte del terreno por medio de un equipo de penetración dinámica. UNI, Lima. Perú.
- User Guide to the Dynamic cone penetrometer. (1982) The Minnesota Department of Transportation (Mn/DOT). p.20
- Webster, R. (1994). El C.B.R.: California Bearing Ratio: Relación de Soporte de California.
- Zumrawi, M. (2014). Prediction of in situ CBR of subgrade cohesive soil from Dynamic Cone Penetrometer and soil properties. IACSIT. International Journal of Engineering and Technology Vol. 6.

## **ANEXOS**

Matriz de coconsistencia



| Problema | Objetivos   | Hipótesis | Metodología  |                           |  |                            |                      |
|----------|---|-----------|--|---------------------------|--|----------------------------|----------------------|
|          |   |           | Variables  | Diseño                    | Población  | Instrumento                |                      |
|          | Objetivo general  |           | Variable independiente   | El diseño es experimental | Suelos comprendidos entre la Avenida Carapongo – Avenida las torres, Huachipa. | Técnica                    | Instrumento          |
|          | Obtener la correlación de CBR vs PDC, a través de, los ensayos del penetrómetro dinámico de cono (PDC) in situ de la Av. Carapongo-Av. las Torres. Con respecto al California Bearing Ratio (CBR) de laboratorio. |           | Propiedades de los suelos del tramo Av. Carapongo – Av. Las torres: Granulometría, Límites de Atterberg, límite plástico, índice de plasticidad, |                           |  | Revisión documental.       | Guía de revisión     |
|          |   |           |  |                           |  | Estudios de suelo.         | Ficha de laboratorio |
|          |   |           |  |                           |  |                            | Observación          |
|          | Objetivos específicos   |           | Variable dependiente   |                           | Muestra  | Fuente                     |                      |
|          | - Determinar las propiedades físicas y  |           | PDC y BCR.   |                           |  | Referencias bobliográficas | Observación          |

|  |   |  |  |  |  |               |
|--|---|--|--|--|--|---------------|
| <p>¿Es posible encontrar una correlación entre el CBR y PDC para la Avenida Carapongo Avenida Las Torres, Huachipa 2019?</p> | <p>mecánicas de los suelos de la Av. Carapongo-Av. las Torres y clasificarlos - Determinar el índice PDC o DN en diferentes puntos de la Avenida Carapongo-Avenida las Torres mediante la correlación número de golpes vs. profundidad. - Determinar el CBR de laboratorio del tramo de carretera de la Av. Carapongo-Av. las Torres<br/>O.E.4: Obtener el CBR in situ mediante la correlación CBR laboratorio Vs. PDC para la Av. Carapongo-Av. las Torres</p> | <p>Es posible encontrar una correlación entre CBR vs PDC en la Avenida Carapongo Avenida las Torres, Huachipa 2019</p> | <p>El PDC mide la penetración por golpe a través de las distintas capas componentes de un pavimento.<br/><br/>El CBR es el esfuerzo requerido para que un pistón normalizado penetre en el suelo a una profundidad determinada, comparado con el esfuerzo requerido para que el pistón penetre hasta esa misma profundidad en una muestra patrón consistente en piedra chancada.</p> |  <p>Donde:<br/>M: muestra<br/>V1: variable independiente<br/>V2: Variable dependiente<br/>R: Relación</p> | <p>Muestra obtenida en seis puntos elegidos por muestreo simple al azar, entre la Avenida Carapongo – Avenida Las Torres</p> | <p>Normas</p> |
|--|---|--|--|--|--|---------------|

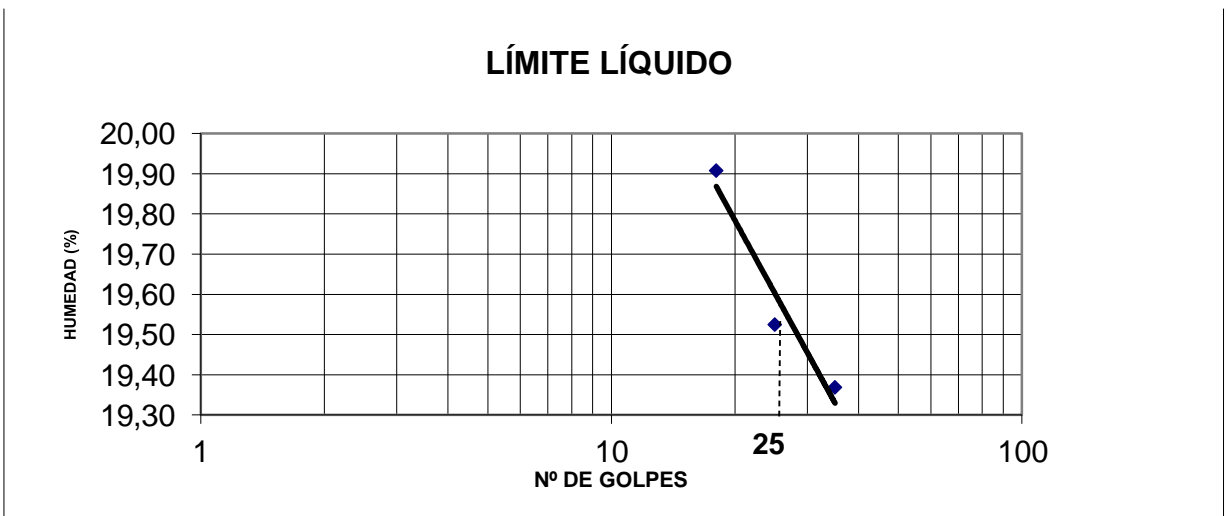
Fuente: Elaboración propia

**ENSAYOS DE LABORATORIO.**

**ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG**

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO<br/>LABORATORIO DE MECÁNICA DE<br/>SUELOS</p> |  |
| <p>TELÉFONOS:916763052<br/>CAPUS ATE- LIMA, PERÚ.</p>                             |  |   |
| <p>2019<br/>ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG</p>                                    |  |   |

|                      |  |       |       |                 |       |
|----------------------|--|-------|-------|-----------------|-------|
| INF                  | LL-LP-IP   |       |       |                 |       |
| PROYECTO             | TESIS DE PREGRADO                                  |       |       |                 |       |
| A SOLICITUD DE:      | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                        |       |       |                 |       |
| UBICACIÓN            | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |       |       |                 |       |
| FECHA                | DICIEMBRE DE 2019.                                 |       |       |                 |       |
| DESCRIPCIÓN          | progresiva 0.000 -entrada de Huachipa-Carapongo C1 |       |       |                 |       |
| LÍMITE LÍQUIDO       |  |       |       | LÍMITE PLÁSTICO |       |
| Nº DE CAIDAS         | 18   | 35    | 25    |                 |       |
| TARA                 | 1  | 2     | 3     | 4               | 5     |
| TARA Y M H           | 24.41  | 42.71 | 44.39 | 43.11           | 40.15 |
| TARA Y M S           | 22.25  | 39.4  | 41.19 | 41.88           | 38.9  |
| TARA                 | 11.4   | 22.31 | 24.8  | 34.07           | 31.02 |
| AGUA                 | 2.16   | 3.31  | 3.2   | 1.23            | 1.25  |
| M S                  | 10.85  | 17.09 | 16.39 | 7.81            | 7.88  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 19.91  | 19.37 | 19.52 | 15.75           | 15.86 |
|                      |  |       |       | 15.81           |       |

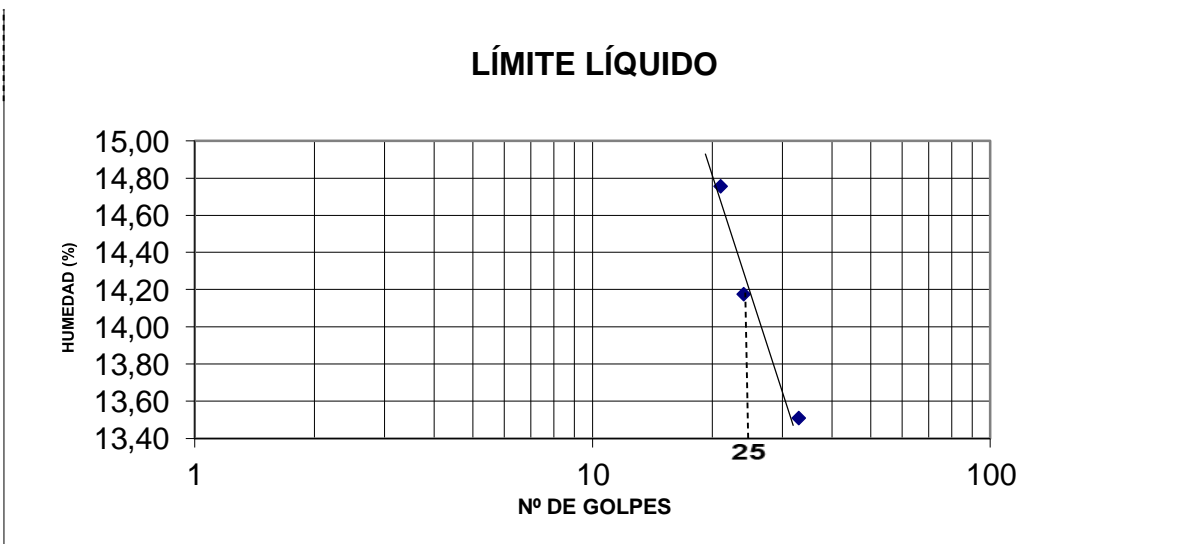


LL=19.52

LP=15.81

IP=3.71



|   |   |   |       |   |       |
|---|---|---|-------|---|-------|
|  |   | <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b><br><b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE</b>   |       |  |       |
|   |   | <b>SUELOS</b><br>TELÉFONOS:916763052<br>CAPUS A    TE- LIMA, PERÚ. 2019 |       |   |       |
| ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG  |   |   |       |   |       |
| INF   | LL-LP-IP  |   |       |   |       |
| PROYECTO  | TESIS DE PREGRADO   |   |       |   |       |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                   |   |       |   |       |
| UBICACIÓN   | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA              |   |       |   |       |
| FECHA   | DICIEMBRE DE 2019.  |   |       |   |       |
| DESCRIPCIÓN   | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo C2 |   |       |   |       |
| LÍMITE LÍQUIDO  | LÍMITE PLÁSTICO   |   |       |   |       |
| Nº DE CAIDAS  | 24  | 21  | 33    |   |       |
| TARA  | 1   | 2   | 3     | 4   | 5     |
| TARA Y M H  | 28.98   | 28.79   | 26.33 | 13.46   | 10.3  |
| TARA Y M S  | 26.77   | 27.04   | 24.54 | 13.27   | 10.15 |
| TARA  | 11.18   | 15.18   | 11.29 | 11.45   | 8.54  |
| AGUA  | 2.21  | 1.75  | 1.79  | 0.19  | 0.15  |
| M S   | 15.59   | 11.86   | 13.25 | 1.82  | 1.61  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD  | 14.18   | 14.76   | 13.51 | 10.44   | 9.32  |
|   |   |   |       | 9.88  |       |

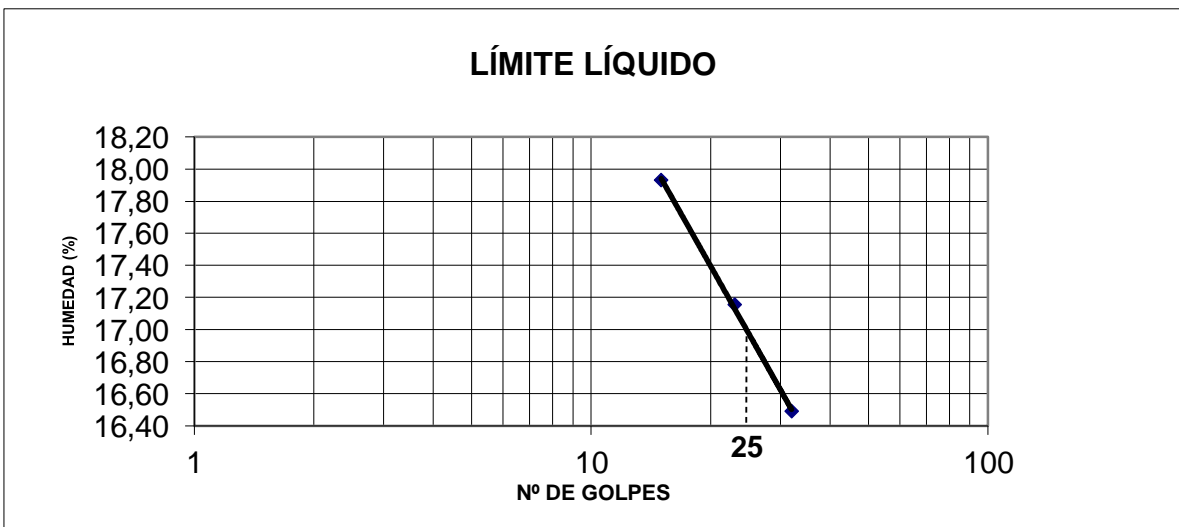


LL=14.22

LP=9.88

IP=4.34



|   |  |  |                 |   |       |
|---|--|--|-----------------|---|-------|
|  |  | <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b><br><b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE</b><br><b>SUELOS</b>       |                 |  |       |
|   |  | TELÉFONOS:916763052<br>CAPUS ATE - LIMA, PERÚ. 2019<br><b>ENSAYO DE LÍMITES DE ATTERBERG</b> |                 |   |       |
| INF   | LL-LP-IP   |  |                 |   |       |
| PROYECTO  | TESIS DE PREGRADO  |  |                 |   |       |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR  |  |                 |   |       |
| UBICACIÓN   | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                     |  |                 |   |       |
| FECHA   | DICIEMBRE DE 2019.   |  |                 |   |       |
| DESCRIPCIÓN   | Progresiva Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo. C3 |  |                 |   |       |
| LÍMITE LÍQUIDO  |  |  | LÍMITE PLÁSTICO |   |       |
| Nº DE CAIDAS  | 15   | 32   | 23              |   |       |
| TARA  | 1  | 2  | 3               | 4   | 5     |
| TARA Y M H  | 22.33  | 31.12  | 31.84           | 16.23   | 14.52 |
| TARA Y M S  | 20.7   | 28.3   | 29.38           | 15.68   | 13.78 |
| TARA  | 11.61  | 11.2   | 15.04           | 10.8  | 9.25  |
| AGUA  | 1.63   | 2.82   | 2.46            | 0.55  | 0.74  |
| M S   | 9.09   | 17.1   | 14.34           | 4.88  | 4.53  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD  | 17.93  | 16.49  | 17.15           | 11.27   | 16.34 |
|   |  |  |                 | 13.80   |       |

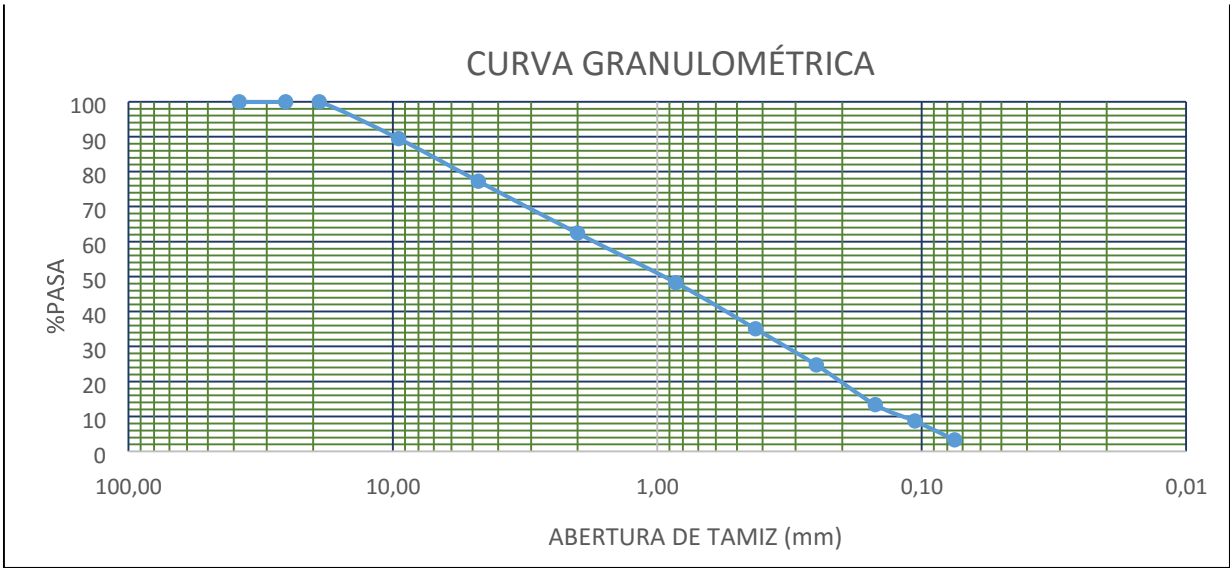





LL=16.9 LP=13.8


IP=3.1 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA.

|  |              | UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO<br>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS<br>TELÉFONOS:916763052<br>CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019<br>ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP. 400.012 |                   |                    |          |  |
|---|--------------|--|-------------------|--------------------|----------|---|
|   |              | DESCRIPCIÓN progresiva 0.000 -entrada de Huachipa-Carapongo - C-1.   |                   |                    |          |   |
| INF   |              | GRANULOMETRIA  |                   |                    |          |   |
| PROYECTO  |              | TESIS DE PREGRADO  |                   |                    |          |   |
| A SOLICITUD DE:   |              | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR  |                   |                    |          |   |
| UBICACIÓN   |              | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |                   |                    |          |   |
| FECHA   |              | DICIEMBRE DE 2019.   |                   |                    |          |   |
| DESCRIPCIÓN   |              | progresiva 0.000 -entrada de Huachipa-Carapongo - C-1.   |                   |                    |          |   |
| <b>GRANULOMETRIA C1</b>   |              |  |                   |                    |          |   |
| ABERTURA<br>TAMIZ (mm)  | DEL<br>TAMIZ | PESO<br>RETENIDO (g)   | %PESO<br>RETENIDO | %PESO<br>ACUMULADO | RETENIDO | %PASA   |
| 38.100  | 1 1/2"       | 0.0  | 0.0               | 0.0                |          | 100.0   |
| 25.400  | 1"           | 0.0  | 0.0               | 0.0                |          | 100.0   |
| 19.000  | 3/4"         | 0.0  | 0.0               | 0.0                |          | 100.0   |
| 9.500   | 3/8"         | 68.8   | 10.5              | 10.5               |          | 89.5  |
| 4.750   | N°4          | 79.4   | 12.2              | 22.7               |          | 77.3  |
| 2.000   | N°10         | 97.1   | 14.9              | 37.6               |          | 62.4  |
| 0.850   | N°20         | 92.3   | 14.1              | 51.7               |          | 48.3  |
| 0.425   | N°40         | 85.9   | 13.2              | 64.9               |          | 35.1  |
| 0.250   | N°60         | 67.7   | 10.4              | 75.3               |          | 24.7  |
| 0.150   | N°100        | 73.8   | 11.3              | 86.6               |          | 13.4  |
| 0.106   | N°140        | 30.6   | 4.7               | 91.3               |          | 8.7   |
| 0.075   | N°200        | 35.2   | 5.4               | 96.7               |          | 3.3   |
|   | FONDO        | 21.7   | 3.3               | 100.0              |          | 0.0   |
|   | <b>SUMA</b>  | <b>652.5</b>   | <b>100.0</b>      |                    |          |   |





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS: 916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP. 400.012



|                 |  |              |
|-----------------|--|--------------|
| INF             | GRANULOMETRIA                                    |              |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO                                |              |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                      |              |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA |              |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.                               |              |
| DESCRIPCIÓN     |  |              |
| <b>MATERIAL</b> |  | <b>%</b>     |
| <b>GRAVAS</b>   |  | <b>22.7</b>  |
| <b>ARENAS</b>   |  | <b>74.0</b>  |
| <b>FINOS</b>    |  | <b>3.3</b>   |
| <b>TOTAL</b>    |  | <b>100.0</b> |

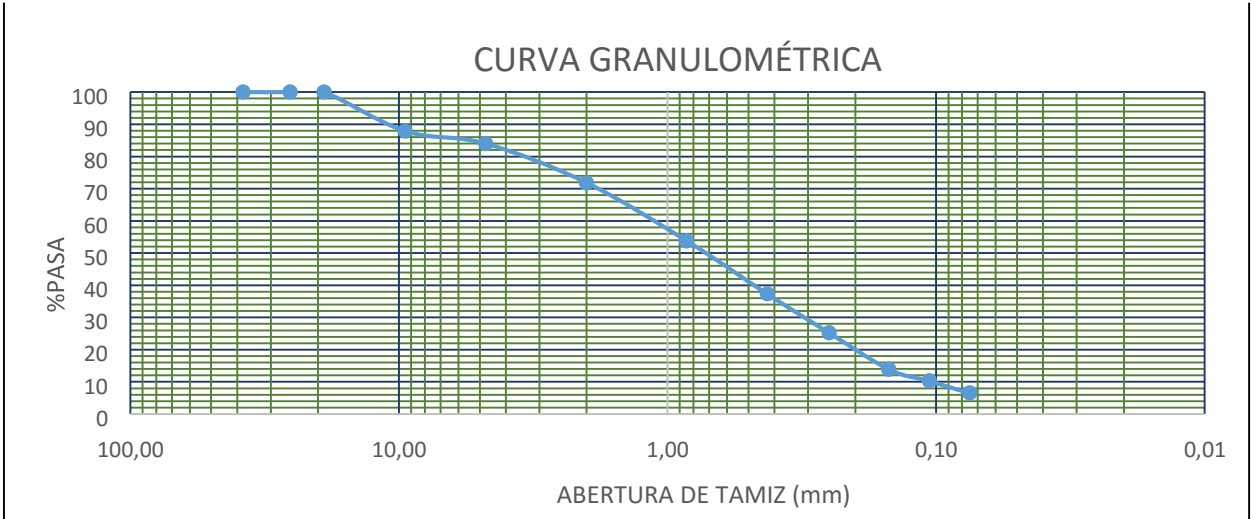
|     |      |
|-----|------|
| D10 | 0.12 |
| D30 | 0.31 |
| D60 | 1.8  |
| Cu  | 15.0 |
| Cc  | 0.4  |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP. 400.012



|                                |   |              |                              |                           |                            |                           |
|--------------------------------|---|--------------|------------------------------|---------------------------|----------------------------|---------------------------|
| INF                            | GRANULOMETRIA   |              |                              |                           |                            |                           |
| PROYECTO                       | TESIS DE PREGRADO   |              |                              |                           |                            |                           |
| A SOLICITUD DE:                | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                       |              |                              |                           |                            |                           |
| UBICACIÓN                      | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                  |              |                              |                           |                            |                           |
| FECHA                          | DICIEMBRE DE 2019.  |              |                              |                           |                            |                           |
| DESCRIPCIÓN                    | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo - C-2. |              |                              |                           |                            |                           |
| <b>GRANULOMETRIA C2</b>        |   |              |                              |                           |                            |                           |
| <b>ABERTURA<br/>TAMIZ (mm)</b> | <b>DEL</b>  | <b>TAMIZ</b> | <b>PESO<br/>RETENIDO (g)</b> | <b>%PESO<br/>RETENIDO</b> | <b>%PESO<br/>ACUMULADO</b> | <b>RETENIDO<br/>%PASA</b> |
| 38.100                         |   | 1 1/2"       | 0.0                          | 0.0                       | 0.0                        | 100.0                     |
| 25.400                         |   | 1"           | 0.0                          | 0.0                       | 0.0                        | 100.0                     |
| 19.000                         |   | 3/4"         | 0.0                          | 0.0                       | 0.0                        | 100.0                     |
| 9.500                          |   | 3/8"         | 68.8                         | 12.1                      | 12.1                       | 87.9                      |
| 4.750                          |   | N°4          | 22.0                         | 3.9                       | 16.0                       | 84.0                      |
| 2.000                          |   | N°10         | 69.5                         | 12.2                      | 28.2                       | 71.8                      |
| 0.850                          |   | N°20         | 102.5                        | 18.0                      | 46.2                       | 53.8                      |
| 0.425                          |   | N°40         | 94.3                         | 16.6                      | 62.7                       | 37.3                      |
| 0.250                          |   | N°60         | 68.8                         | 12.1                      | 74.8                       | 25.2                      |
| 0.150                          |   | N°100        | 64.4                         | 11.3                      | 86.1                       | 13.9                      |
| 0.106                          |   | N°140        | 20.7                         | 3.6                       | 89.8                       | 10.2                      |
| 0.075                          |   | N°200        | 21.6                         | 3.8                       | 93.6                       | 6.4                       |
|                                |   | FONDO        | 36.6                         | 6.4                       | 100.0                      | 0.0                       |
|                                |   | <b>SUMA</b>  | <b>569.2</b>                 | <b>100.0</b>              |                            |                           |



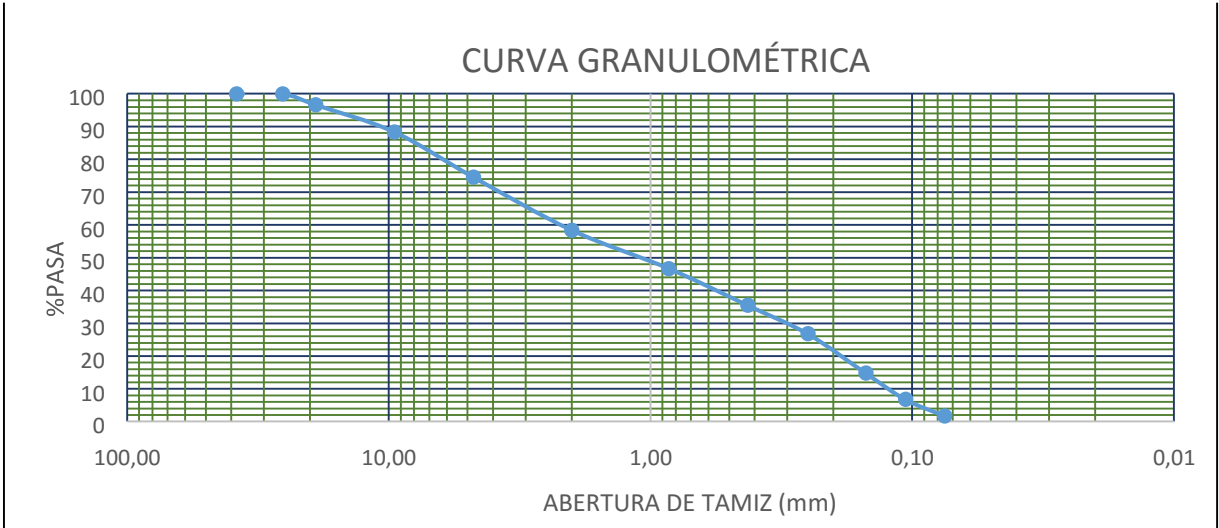
|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p><b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b><br/> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b><br/>         TELÉFONOS:916763052<br/>         CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019<br/>         ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP. 400.012</p> |  |
| INF   | GRANULOMETRIA   |   |
| PROYECTO  | TESIS DE PREGRADO   |   |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |   |
| UBICACIÓN   | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA  |   |
| FECHA   | DICIEMBRE DE 2019.  |   |
| DESCRIPCIÓN   | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo - C-2.   |   |
| <b>MATERIAL</b>   | <b>%</b>  |   |
| <b>GRAVAS</b>   | <b>16.0</b>   |   |
| <b>ARENAS</b>   | <b>77.6</b>   |   |
| <b>FINOS</b>  | <b>6.4</b>  |   |
| <b>TOTAL</b>  | <b>100.0</b>  |   |
| D10   | 0.11  |   |
| D30   | 0.32  |   |
| D60   | 1.12  |   |
| Cu  | 10.2  |   |
| Cc  | 0.8   |   |




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP. 400.012




|                                |   |              |                              |                           |                                     |              |
|--------------------------------|---|--------------|------------------------------|---------------------------|-------------------------------------|--------------|
| INF                            | GRANULOMETRIA   |              |                              |                           |                                     |              |
| PROYECTO                       | TESIS DE PREGRADO   |              |                              |                           |                                     |              |
| A SOLICITUD DE:                | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                       |              |                              |                           |                                     |              |
| UBICACIÓN                      | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                  |              |                              |                           |                                     |              |
| FECHA                          | DICIEMBRE DE 2019.  |              |                              |                           |                                     |              |
| DESCRIPCIÓN                    | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo - C-2. |              |                              |                           |                                     |              |
| <b>GRANULOMETRIA C2</b>        |   |              |                              |                           |                                     |              |
| <b>ABERTURA<br/>TAMIZ (mm)</b> | <b>DEL</b>  | <b>TAMIZ</b> | <b>PESO<br/>RETENIDO (g)</b> | <b>%PESO<br/>RETENIDO</b> | <b>%PESO RETENIDO<br/>ACUMULADO</b> | <b>%PASA</b> |
| 38.100                         |   | 1 1/2"       | 0.0                          | 0.0                       | 0.0                                 | 100.0        |
| 25.400                         |   | 1"           | 0.0                          | 0.0                       | 0.0                                 | 100.0        |
| 19.000                         |   | 3/4"         | 20.5                         | 3.4                       | 3.4                                 | 96.6         |
| 9.500                          |   | 3/8"         | 50.4                         | 8.3                       | 11.7                                | 88.3         |
| 4.750                          |   | N°4          | 83.5                         | 13.8                      | 25.4                                | 74.6         |
| 2.000                          |   | N°10         | 98.2                         | 16.2                      | 41.6                                | 58.4         |
| 0.850                          |   | N°20         | 71.2                         | 11.7                      | 53.3                                | 46.7         |
| 0.425                          |   | N°40         | 68.2                         | 11.2                      | 64.6                                | 35.4         |
| 0.250                          |   | N°60         | 53.1                         | 8.7                       | 73.3                                | 26.7         |
| 0.150                          |   | N°100        | 73.0                         | 12.0                      | 85.3                                | 14.7         |
| 0.106                          |   | N°140        | 48.5                         | 8.0                       | 93.3                                | 6.7          |
| 0.075                          |   | N°200        | 30.4                         | 5.0                       | 98.3                                | 1.7          |
|                                |   | FONDO        | 10.2                         | 1.7                       | 100.0                               |              |
|                                |   | <b>SUMA</b>  | <b>607.2</b>                 | <b>100.0</b>              |                                     |              |





**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**  
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS**  
 TELÉFONOS: 916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
 ENSAYO DE GRANULOMETRÍA NTP. 400.012



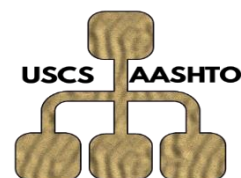
|                 |   |              |
|-----------------|---|--------------|
| INF             | GRANULOMETRIA   |              |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO   |              |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                       |              |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                  |              |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.  |              |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo - C-2. |              |
| <b>MATERIAL</b> |   | <b>%</b>     |
| <b>GRAVAS</b>   |   | <b>25.4</b>  |
| <b>ARENAS</b>   |   | <b>72.9</b>  |
| <b>FINOS</b>    |   | <b>1.7</b>   |
| <b>TOTAL</b>    |   | <b>100.0</b> |
| D10             |   | 0.13         |
| D30             |   | 0.31         |
| D60             |   | 1.21         |
| Cu              |   | 9.3          |
| Cc              |   | 0.6          |

## CLASIFICACIÓN DE SUELOS.

|  |  |
|--|--|
|  <p style="text-align: center;"> <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b><br/> <b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b><br/>         TELÉFONOS:916763052<br/>         CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019<br/> <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS.</b><br/> <b>CE 0.20</b> </p>  |  |
| INF  | CLASIFICACIÓN                                      |
| PROYECTO   | TESIS DE PREGRADO                                  |
| A SOLICITUD DE:  | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                        |
| UBICACIÓN  | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |
| FECHA  | DICIEMBRE DE 2019.                                 |
| DESCRIPCIÓN  | progresiva 0.000 -entrada de Huachipa-Carapongo C1 |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS</b>  |  |
| LÍMITE LÍQUIDO   | 19.52  |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD  | 3.71   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°4  | 77.3%  |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°200  | 3.3  |
| COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD   | 15.0   |
| COEFICIENTE DE CURVATURA   | 0.4  |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO</b>  |  |
| LÍMITE LÍQUIDO   | 19.52  |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD  | 3.71   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°10   | 62.4   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°40   | 35.1   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°200  | 3.3  |
| SUCS   | SP:ARENA MAL GRADUADA                              |
| AASHTO   | A-11b  |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
CLASIFICACIÓN DE SUELOS.  
CE 0.20

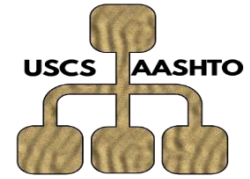


|                                       |  |
|---------------------------------------|--|
| INF                                   | CLASIFICACIÓN  |
| PROYECTO                              | TESIS DE PREGRADO  |
| A SOLICITUD DE:                       | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                    |
| UBICACIÓN                             | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA               |
| FECHA                                 | DICIEMBRE DE 2019.   |
| DESCRIPCIÓN                           | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo C-2 |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS</b>   |  |
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 14.22  |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 4.34   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°4           | 84   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°200         | 6.4  |
| COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD            | 10.2   |
| COEFICIENTE DE CURVATURA              | 0.8  |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO</b> |  |
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 14.22  |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 4.34   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°10          | 71.8   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°40          | 37.3   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°200         | 6.4  |
| SUCS                                  | SP-SC:ARENA MAL GRADUADA CON ARCILLA                           |
| AASHTO                                | A-2-4  |





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
CLASIFICACIÓN DE SUELOS.  
CE 0.20



|                                       |   |
|---------------------------------------|---|
| INF                                   | CLASIFICACIÓN   |
| PROYECTO                              | TESIS DE PREGRADO   |
| A SOLICITUD DE:                       | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                               |
| UBICACIÓN                             | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA          |
| FECHA                                 | DICIEMBRE DE 2019.  |
| DESCRIPCIÓN                           | progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo C-3 |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS</b>   |   |
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 16.9  |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 3.1   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°4           | 77.3  |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°200         | 3.3   |
| COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD            | 15  |
| COEFICIENTE DE CURVATURA              | 0.4   |
| <b>CLASIFICACIÓN DE SUELOS AASHTO</b> |   |
| LÍMITE LÍQUIDO                        | 16.9  |
| ÍNDICE DE PLASTICIDAD                 | 3.1   |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°10          | 62.4  |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°40          | 35.1  |
| % QUE PASA POR LA MALLA N°200         | 3.3   |
| SUCS                                  | SP:ARENA MAL GRADUADA                                     |
| AASHTO                                | A-11-b  |

## ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS: 916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
 ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO  
 (ASTM D-1557)

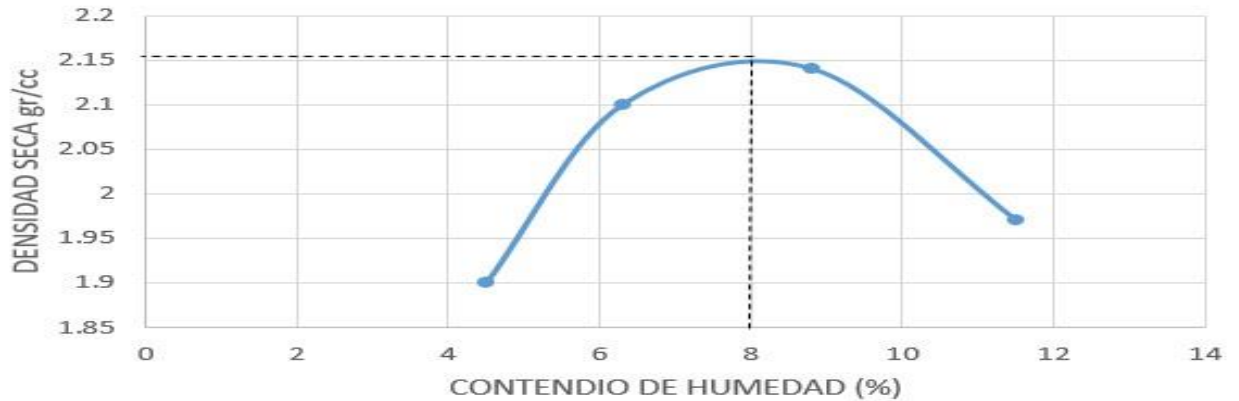


|                 |  |
|-----------------|--|
| INF             | PROCTOR MODIFICADO                                 |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO                                  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                        |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.                                 |
| DESCRIPCIÓN     | progresiva 0.000 -entrada de Huachipa-Carapongo C1 |

**PROCTOR MODIFICADO  
(ASTM D-1557)**

| PRUEBAS                               | 1      | 2      | 3      | 4      |
|---------------------------------------|--------|--------|--------|--------|
| DETERMINACION DE DENSIDAD             |        |        |        |        |
| PESO MOLDE+SUELO                      | 6,000  | 6,180  | 6,270  | 6,150  |
| PESO MOLDE                            | 4,148  | 4,148  | 4,148  | 4,148  |
| PESO SUELO COMPACTADO                 | 1,852  | 2,032  | 2,122  | 2,002  |
| VOLUMEN DEL MOLDE                     | 911    | 911    | 911    | 911    |
| DENSIDAD HUMEDA                       | 2.03   | 2.23   | 2.33   | 2.20   |
| DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD |        |        |        |        |
| RECIPIENTE N°                         | 1      | 2      | 3      | 4      |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE             | 261.00 | 303.00 | 352.00 | 446.00 |
| SUELO SECO + RECIPIENTE               | 249.00 | 285.00 | 324.00 | 403.00 |
| PESO RECIPIENTE                       | 0.00   | 0.00   | 0.00   | 0.00   |
| PESO DE AGUA                          | 12.00  | 18.00  | 28.00  | 43.00  |
| PESO DE SUELO SECO                    | 249.00 | 285.00 | 324.00 | 403.00 |
| CONTENIDO DE HUMEDAD                  | 4.80   | 6.30   | 8.60   | 10.70  |
| DENSIDAD SECA                         | 1.94   | 2.10   | 2.15   | 1.99   |

### PROCTOR MODIFICADO





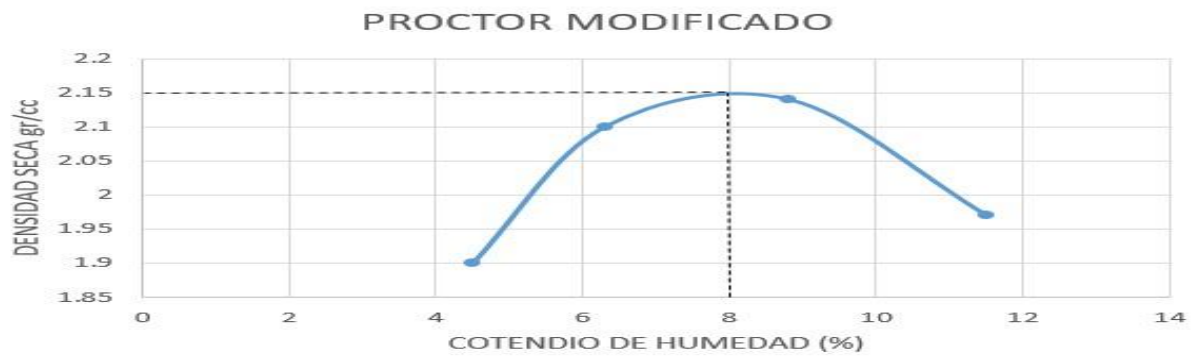
Máxima densidad seca: 2.16 gr/cm<sup>3</sup>

Contenido de humedad óptima: 8%

Proctor: 2.160

M.D.S AL 95%: 2.5 gr/cm

|   |   |   |          |          |  |
|---|---|---|----------|----------|--|
|  <p>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO<br/>         LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS<br/>         TELÉFONOS:916763052<br/>         CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201<br/>         ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO<br/>         (ASTM D-1557)</p> |   |  |          |          |  |
| INF   | PROCTOR MODIFICADO  |   |          |          |  |
| PROYECTO  | TESIS DE PREGRADO   |   |          |          |  |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                   |   |          |          |  |
| UBICACIÓN   | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA              |   |          |          |  |
| FECHA   | DICIEMBRE DE 2019.  |   |          |          |  |
| DESCRIPCIÓN   | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo C2 |   |          |          |  |
| <b>PROCTOR MODIFICADO</b>   |   |   |          |          |  |
| <b>(ASTM D-1557)</b>  |   |   |          |          |  |
| PRUEBAS   | <b>1</b>  | <b>2</b>  | <b>3</b> | <b>4</b> |  |
| DETERMINACION DE DENSIDAD   |   |   |          |          |  |
| PESO MOLDE+SUELO  | 6,000   | 6,180   | 6,270    | 6,150    |  |
| PESO MOLDE  | 4,148   | 4,148   | 4,148    | 4,148    |  |
| PESO SUELO COMPACTADO   | 1,852   | 2,032   | 2,122    | 2,002    |  |
| VOLUMEN DEL MOLDE   | 911   | 911   | 911      | 911      |  |
| DENSIDAD HUMEDA   | 2.03  | 2.23  | 2.33     | 2.2      |  |
| DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD   |   |   |          |          |  |
| RECIPIENTE N°   | 1   | 2   | 3        | 4        |  |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE   | 500.25  | 303   | 352      | 446      |  |
| SUELO SECO + RECIPIENTE   | 200.25  | 285   | 322      | 400      |  |
| PESO RECIPIENTE   | 0   | 0   | 0        | 0        |  |
| PESO DE AGUA  | 300   | 18  | 30       | 46       |  |
| PESO DE SUELO SECO  | 200.25  | 285   | 322      | 400      |  |
| CONTENIDO DE HUMEDAD  | 4.5   | 6.3   | 8.8      | 11.5     |  |
| DENSIDAD SECA   | 1.9   | 2.1   | 2.14     | 1.97     |  |





Máxima densidad seca: 2.15 gr/cm<sup>3</sup>

Contenido de humedad óptima: 8%

Proctor: 2.15

M.D.S AL 95%: 2.05gr/cm<sup>3</sup>

|   |   |   |       |       |
|---|---|---|-------|-------|
|  | <p>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO<br/>         LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS<br/>         TELÉFONOS:916763052<br/>         CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201<br/>         ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO<br/>         (ASTM D-1557)</p> |  |       |       |
| INF   | PROCTOR MODIFICADO  |   |       |       |
| PROYECTO  | TESIS DE PREGRADO   |   |       |       |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |   |       |       |
| UBICACIÓN   | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA  |   |       |       |
| FECHA   | DICIEMBRE DE 2019.  |   |       |       |
| DESCRIPCIÓN   | progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo   |   |       |       |
| <b>PROCTOR MODIFICADO</b>   |   |   |       |       |
| <b>(ASTM D-1557)</b>  |   |   |       |       |
| PRUEBAS   | 1   | 2   | 3     | 4     |
| <b>DETERMINACION DE DENSIDAD</b>  |   |   |       |       |
| PESO MOLDE+SUELO  | 6,000   | 6,180   | 6,270 | 6,150 |
| PESO MOLDE  | 4,148   | 4,148   | 4,148 | 4,148 |
| PESO SUELO COMPACTADO   | 1,852   | 2,032   | 2,122 | 2,002 |
| VOLUMEN DEL MOLDE   | 911   | 911   | 911   | 911   |
| DENSIDAD HUMEDA   | 2.03  | 2.23  | 2.33  | 2.2   |
| <b>DETERMINACION DE CONTENIDO DE HUMEDAD</b>                                      |   |   |       |       |
| RECIPIENTE N°   | 1   | 2   | 3     | 4     |
| SUELO HUMEDO + RECIPIENTE   | 261   | 303   | 352   | 446   |
| SUELO SECO + RECIPIENTE   | 249   | 285   | 324   | 403   |
| PESO RECIPIENTE   | 0   | 0   | 0     | 0     |
| PESO DE AGUA  | 12  | 18  | 28    | 43    |
| PESO DE SUELO SECO  | 260   | 279   | 300   | 354   |

|                      |      |      |      |      |
|----------------------|------|------|------|------|
| CONTENIDO DE HUMEDAD | 4.4  | 6.9  | 9.8  | 13   |
| DENSIDAD SECA        | 1.94 | 2.09 | 2.13 | 1.95 |



Máxima densidad seca: 2.14 gr/cm<sup>3</sup>

Contenido de humedad óptima: 9.20 %

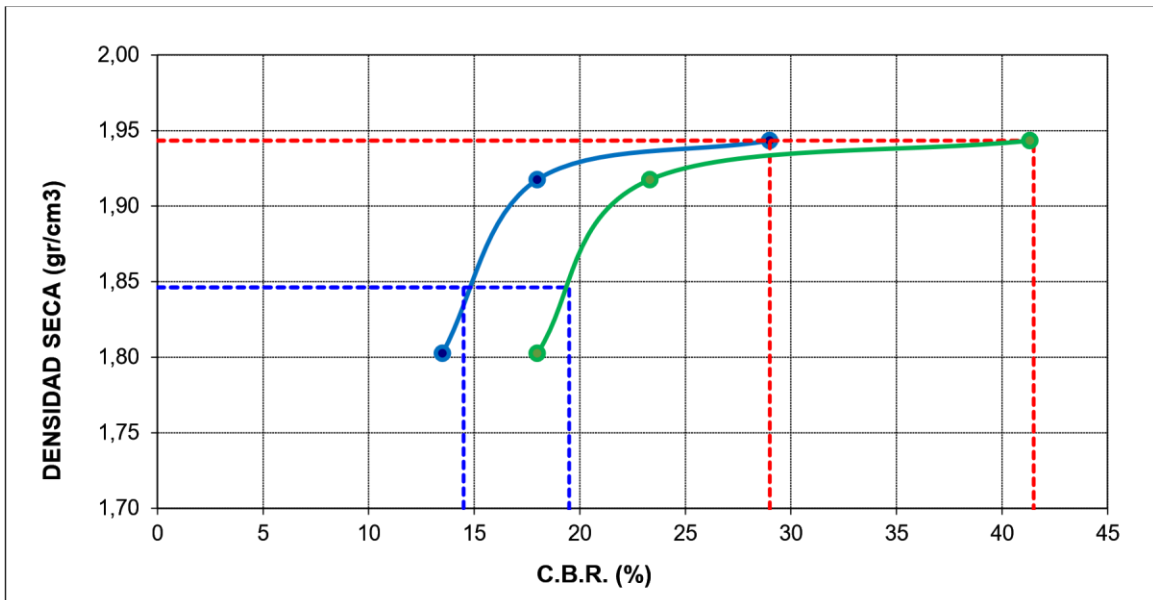
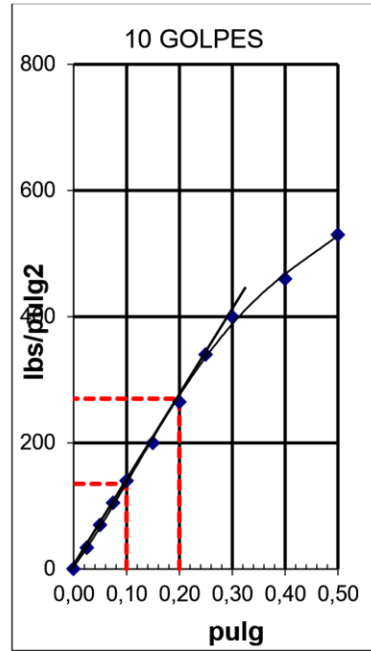
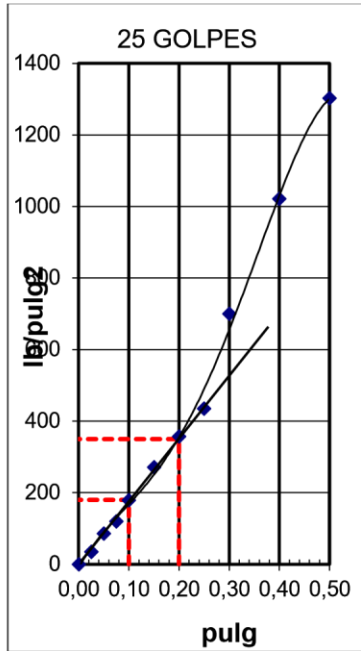
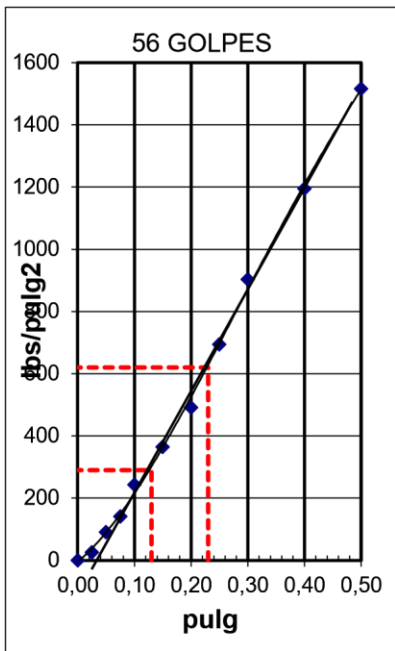
Proctor: 2.14

M.D.S AL 95%: 2.03 gr/cm<sup>3</sup>

### ENSAYO DE CBR

|   |   |              |              |              |  |              |
|---|---|--------------|--------------|--------------|--|--------------|
|  | <b>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO</b><br><b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS</b><br>TELÉFONOS:916763052<br>CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019<br><b>ENSAYO CBR</b> |              |              |              |  |              |
|   | ASTM D1883  |              |              |              |  |              |
| INF   | ENSAYO CBR  |              |              |              |  |              |
| PROYECTO  | TESIS DE PREGRADO   |              |              |              |  |              |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |              |              |              |  |              |
| UBICACIÓN   | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA  |              |              |              |  |              |
| FECHA   | DICIEMBRE DE 2019.  |              |              |              |  |              |
| DESCRIPCIÓN   | progresiva 0.000 -entrada de huachipa- carapongo  |              |              |              |  |              |
| Molde N°  | 4   |              | 16           |              | 12   |              |
| Capas N°  | 5   |              | 5            |              | 5  |              |
| N° de golpes por capa   | 56  |              | 25           |              | 10   |              |
| CONDICION DE LA MUESTRA   | SIN SATURAR   | SATURADA     | SIN SATURAR  | SATURADA     | SIN SATURAR  | SATURADA     |
| Volumen del molde   | 2137.6  | 2137.6       | 2127.3       | 2127.3       | 2137   | 2137         |
| Peso del molde  | 5412  | 5412         | 5115         | 5115         | 5085   | 5085         |
| Peso del molde + suelo húmedo   | 9900  | 10005        | 9521         | 9718         | 9245   | 9368         |
| Peso del suelo humedo   | 4488  | 4593         | 4406         | 4603         | 4160   | 4283         |
| Densidad húmeda   | <b>2.100</b>  | <b>2.149</b> | <b>2.071</b> | <b>2.164</b> | <b>1.947</b>   | <b>2.004</b> |
| Tara N°   | 20  | 4            | 11           | 11           | 29   | 7            |

| Peso de tara          |  | 11.0         | 10.8                 | 10.8                 | 10.6         | 10.3                 | 10.5                 |          |                      |                      |
|-----------------------|--|--------------|----------------------|----------------------|--------------|----------------------|----------------------|----------|----------------------|----------------------|
| Tara + suelo humedo   |  | 132.0        | 134.5                | 132.2                | 139.5        | 132.0                | 144.5                |          |                      |                      |
| Tara + suelo seco     |  | 123.0        | 122.1                | 123.2                | 122.9        | 123.0                | 122.8                |          |                      |                      |
| Peso de agua          |  | 9.0          | 12.4                 | 9.0                  | 16.6         | 9.0                  | 21.7                 |          |                      |                      |
| Peso del suelo seco   |  | 112.0        | 111.3                | 112.4                | 112.3        | 112.7                | 112.3                |          |                      |                      |
| % de humedad          |  | 8.0          | 11.1                 | 8.0                  | 14.8         | 8.0                  | 19.3                 |          |                      |                      |
| % Promedio de humedad |  | <b>8.0</b>   | <b>11.1</b>          | <b>8.0</b>           | <b>14.8</b>  | <b>8.0</b>           | <b>19.3</b>          |          |                      |                      |
| Densidad Seca         |  | <b>1.943</b> | <b>1.933</b>         | <b>1.918</b>         | <b>1.885</b> | <b>1.803</b>         | <b>1.680</b>         |          |                      |                      |
| Penetración<br>Pulg.  | Presión<br>patron en<br>lb/pulg <sup>2</sup> | 56 GOLPES    |                      |                      | 25 GOLPES    |                      |                      | 2 GOLPES |                      |                      |
|                       |  | arga         |                      | Corr.                | Carga        |                      | Corr.                | arga     |                      | Corr.                |
|                       |  | lb           | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> | lb           | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> | lb       | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> |
| <b>0</b>              |  | 0            | 0                    |                      | 0            | 0                    |                      | 0        | 0                    |                      |
| <b>0.025</b>          |  | 83           | 26                   |                      | 65           | 35                   |                      | 46       | 34                   |                      |
| <b>0.050</b>          |  | 287          | 91                   |                      | 185          | 86                   |                      | 139      | 70                   |                      |
| <b>0.075</b>          |  | 445          | 142                  |                      | 352          | 120                  |                      | 250      | 105                  |                      |
| <b>0.100</b>          | 1000   | 764          | 243                  | 290                  | 548          | 179                  | 180                  | 352      | 140                  | 135                  |
| <b>0.150</b>          |  | 1220         | 365                  |                      | 1010         | 271                  |                      | 492      | 200                  |                      |
| <b>0.200</b>          | 1500   | 1652         | 492                  | 620                  | 1469         | 357                  | 350                  | 568      | 265                  | 270                  |
| <b>0.250</b>          |  | 2333         | 695                  |                      | 1913         | 435                  |                      | 699      | 340                  |                      |
| <b>0.300</b>          |  | 2838         | 903                  |                      | 2383         | 700                  |                      | 793      | 400                  |                      |
| <b>0.400</b>          |  | 3754         | 1195                 |                      | 3208         | 1021                 |                      | 953      | 460                  |                      |
| <b>0.500</b>          |  | 4764         | 1516                 |                      | 4091         | 1302                 |                      | 1124     | 530                  |                      |



|       |                  |             |             |          | VALOR CBR(%)   |             |             |
|-------|------------------|-------------|-------------|----------|----------------|-------------|-------------|
| PUNTO | CBR              | CBR%<br>0.1 | CBR%<br>0.2 | DENSIDAD |                | 0.1"        | 0.2"        |
| C1    | CBR 12<br>GOLPES | 13.5        | 18          | 1.80     | AL 100%<br>MDS | 29          | 41.5        |
|       | CBR 25<br>GOLPES | 18          | 23          | 1.92     | AL 95%<br>MDS  | <b>0.1"</b> | <b>0.2"</b> |
|       | CBR 56<br>GOLPES | 29          | 41          | 1.94     |                | 17.5        | 27          |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS:916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
 ENSAYO CBR ASTM D1883

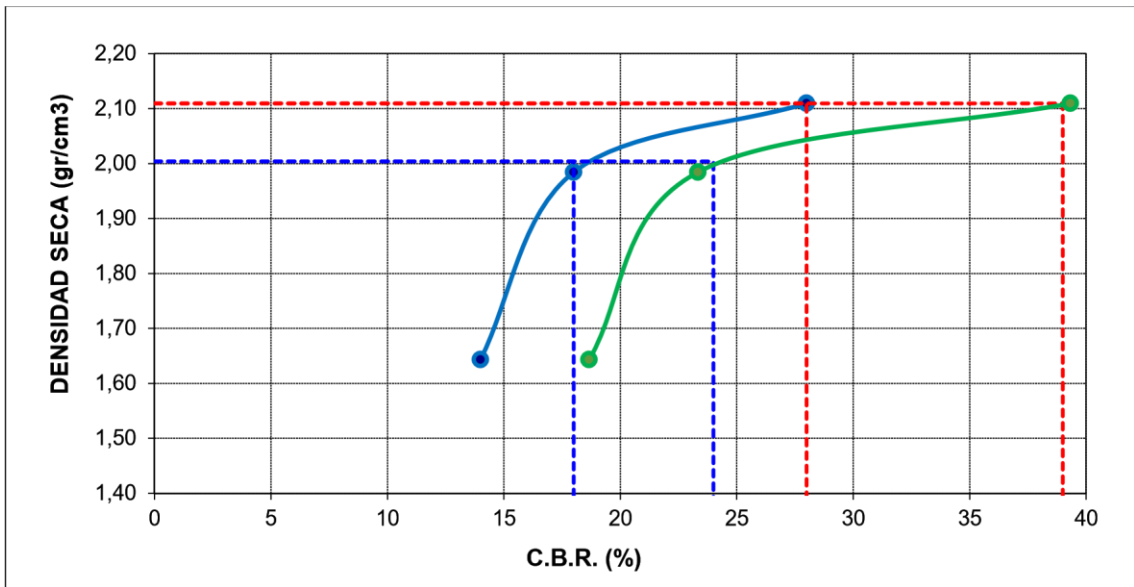
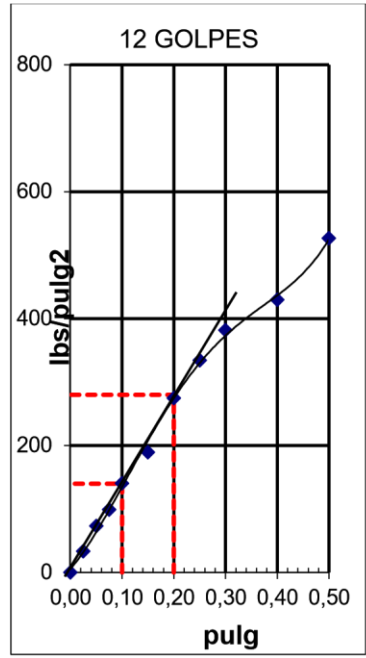
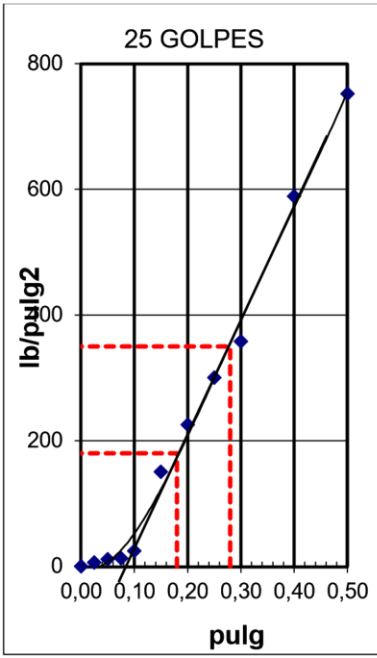
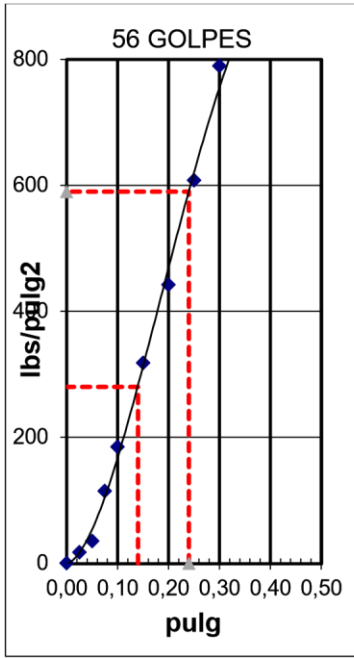


|                               |  |              |              |              |              |              |
|-------------------------------|--|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| INF                           | ENSAYO CBR   |              |              |              |              |              |
| PROYECTO                      | TESIS DE PREGRADO  |              |              |              |              |              |
| A SOLICITUD DE:               | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                |              |              |              |              |              |
| UBICACIÓN                     | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA           |              |              |              |              |              |
| FECHA                         | DICIEMBRE DE 2019.   |              |              |              |              |              |
| DESCRIPCIÓN                   | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo |              |              |              |              |              |
| Molde N°                      | 14   |              | 11           |              | 10           |              |
| Capas N°                      | 5  |              | 5            |              | 5            |              |
| N° de golpes por capa         | 56   |              | 25           |              | 12           |              |
| CONDICION DE LA MUESTRA       | SIN SATURAR  | SATURADA     | SIN SATURAR  | SATURADA     | SIN SATURAR  | SATURADA     |
| Volumen del molde             | 2172.1   | 2172.1       | 2105         | 2105         | 2172.1       | 2172.1       |
| Peso del molde                | 5041   | 5041         | 4465         | 4465         | 5126         | 5126         |
| Peso del molde + suelo húmedo | 10024  | 10217        | 9009         | 9157         | 9009         | 9157         |
| Peso del suelo húmedo         | 4983   | 5176         | 4544         | 4692         | 3883         | 4031         |
| Densidad húmeda               | <b>2.294</b>   | <b>2.383</b> | <b>2.159</b> | <b>2.229</b> | <b>1.788</b> | <b>1.856</b> |
| Tara N°                       | 20   | 4            | 11           | 11           | 29           | 7            |
| Peso de tara                  | 11.0   | 10.8         | 10.8         | 10.6         | 10.3         | 10.5         |
| Tara + suelo húmedo           | 132.8  | 139.8        | 133.4        | 142.5        | 132.9        | 144.3        |
| Tara + suelo seco             | 123.0  | 122.1        | 123.5        | 122.9        | 123.0        | 122.8        |
| Peso de agua                  | 9.8  | 17.7         | 9.9          | 19.6         | 9.9          | 21.5         |
| Peso del suelo seco           | 112.0  | 111.3        | 112.7        | 112.3        | 112.7        | 112.3        |
| % de humedad                  | 8.8  | 15.9         | 8.8          | 17.5         | 8.8          | 19.1         |
| % Promedio de humedad         | <b>8.8</b>   | <b>15.9</b>  | <b>8.8</b>   | <b>17.5</b>  | <b>8.8</b>   | <b>19.1</b>  |
| Densidad Seca                 | <b>2.110</b>   | <b>2.056</b> | <b>1.984</b> | <b>1.898</b> | <b>1.643</b> | <b>1.558</b> |

|                   |                   |           |           |           |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|
| Penetración Pulg. | Presión patron en | 56 GOLPES | 25 GOLPES | 12 GOLPES |
|-------------------|-------------------|-----------|-----------|-----------|



|              | lb/pulg <sup>2</sup> | Carga |                      | Corr.                | Carga |                      | Corr.                | Carga |                      | Corr.     |
|--------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|----------------------|-------|----------------------|-----------|
|              |                      | lb    | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> | lb    | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> | Lb    | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg.2 |
| <b>0</b>     |                      | 0     | 0                    |                      | 0     | 0                    |                      | 0     | 0                    |           |
| <b>0.025</b> |                      | 55    | 18                   |                      | 20    | 6                    |                      | 105   | 33                   |           |
| <b>0.050</b> |                      | 111   | 35                   |                      | 35    | 11                   |                      | 231   | 74                   |           |
| <b>0.075</b> |                      | 360   | 115                  |                      | 41    | 13                   |                      | 311   | 99                   |           |
| <b>0.100</b> | 1000                 | 580   | 185                  | 280                  | 78    | 25                   | 180                  | 442   | 141                  | 160       |
| <b>0.150</b> |                      | 1000  | 318                  |                      | 474   | 151                  |                      | 596   | 190                  |           |
| <b>0.200</b> | 1500                 | 1389  | 442                  | 535                  | 708   | 225                  | 350                  | 863   | 275                  | 310       |
| <b>0.250</b> |                      | 1910  | 608                  |                      | 944   | 300                  |                      | 1050  | 334                  |           |
| <b>0.300</b> |                      | 2481  | 790                  |                      | 1124  | 358                  |                      | 1200  | 382                  |           |
| <b>0.400</b> |                      | 2958  | 941                  |                      | 1850  | 589                  |                      | 1350  | 430                  |           |
| <b>0.500</b> |                      | 3399  | 1082                 |                      | 2362  | 752                  |                      | 1654  | 526                  |           |



|       |                  |             |             |          | VALOR CBR(%)   |             |             |
|-------|------------------|-------------|-------------|----------|----------------|-------------|-------------|
| PUNTO | CBR              | CBR%<br>0.1 | CBR%<br>0.2 | DENSIDAD |                | 0.1"        | 0.2"        |
| C2    | CBR 12<br>GOLPES | 14          | 19          | 1.77     | AL 100%<br>MDS | 27          | 36          |
|       | CBR 25<br>GOLPES | 18          | 23          | 1.69     | AL 95%<br>MDS  | <b>0.1"</b> | <b>0.2"</b> |
|       | CBR 56<br>GOLPES | 28          | 39          | 1.58     |                | 22          | 28          |



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS:916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 2019  
 ENSAYO CBR ASTM D1883

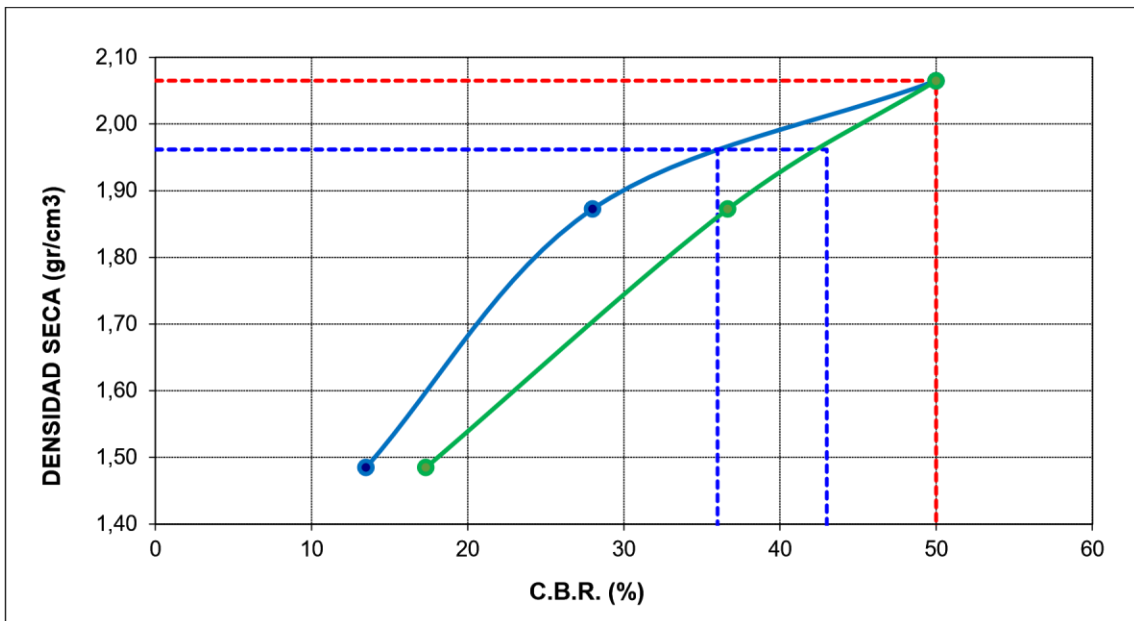
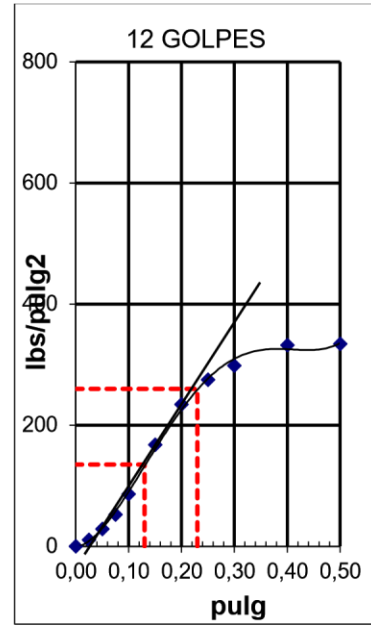
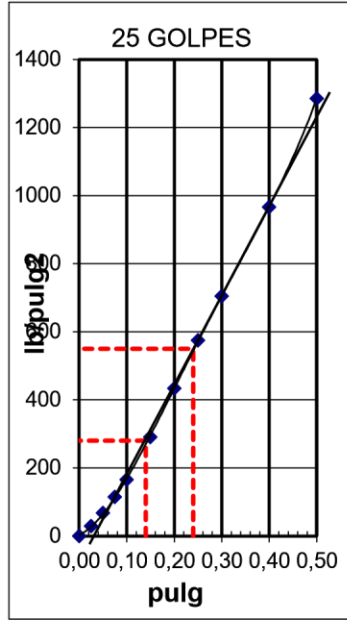
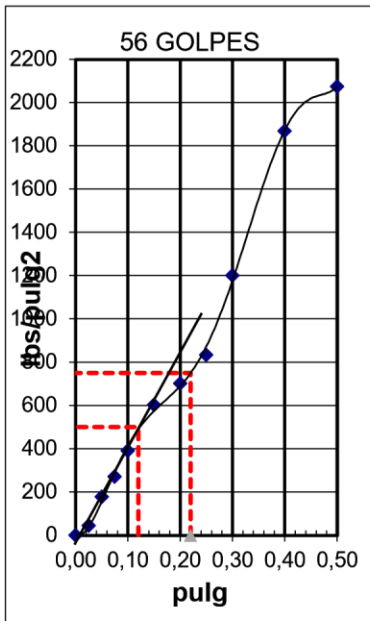


|                 |   |
|-----------------|---|
| INF             | ENSAYO CBR  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO                                     |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                           |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA      |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.                                    |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo |

| Molde N°                      | 5            |              | 9            |              | 11           |              |
|-------------------------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| Capas N°                      | 5            |              | 5            |              | 5            |              |
| N° de golpes por capa         | 6            |              | 25           |              | 10           |              |
| CONDICION DE LA MUESTRA       | SIN SATURAR  | SATURADA     | SIN SATURAR  | SATURADA     | SIN SATURAR  | SATURADA     |
| Volumen del molde             | 2172.1       | 2172.1       | 2107.5       | 2107.5       | 2130.1       | 2105         |
| Peso del molde                | 5126         | 5126         | 5105         | 5075         | 5043         | 5043         |
| Peso del molde + suelo húmedo | 10024        | 10186        | 9413         | 9526         | 8498         | 8635         |
| Peso del suelo humedo         | 4898         | 5060         | 4308         | 4451         | 3455         | 3592         |
| Densidad húmeda               | <b>2.255</b> | <b>2.330</b> | <b>2.044</b> | <b>2.112</b> | <b>1.622</b> | <b>1.706</b> |
| Tara N°                       | 20           | 4            | 11           | 11           | 29           | 7            |
| Peso de tara                  | 11.0         | 10.8         | 10.8         | 10.6         | 10.3         | 10.5         |
| Tara + suelo humedo           | 133.3        | 139.5        | 133.5        | 142.5        | 133.4        | 144.3        |
| Tara + suelo seco             | 123.0        | 122.1        | 123.2        | 122.9        | 123.0        | 122.8        |
| Peso de agua                  | 10.3         | 17.4         | 10.3         | 19.6         | 10.4         | 21.5         |
| Peso del suelo seco           | 112.0        | 111.3        | 112.4        | 112.3        | 112.7        | 112.3        |
| % de humedad                  | 9.2          | 15.6         | 9.2          | 17.5         | 9.2          | 19.1         |
| % Promedio de humedad         | <b>9.2</b>   | <b>15.6</b>  | <b>9.2</b>   | <b>17.5</b>  | <b>9.2</b>   | <b>19.1</b>  |
| Densidad Seca                 | <b>2.065</b> | <b>2.015</b> | <b>1.873</b> | <b>1.798</b> | <b>1.485</b> | <b>1.432</b> |



|             |                   |           |            |          |
|-------------|-------------------|-----------|------------|----------|
| Penetración | Presión patron en | 56 GOLPES | 25 GOLPE S | 2 GOLPES |
|-------------|-------------------|-----------|------------|----------|

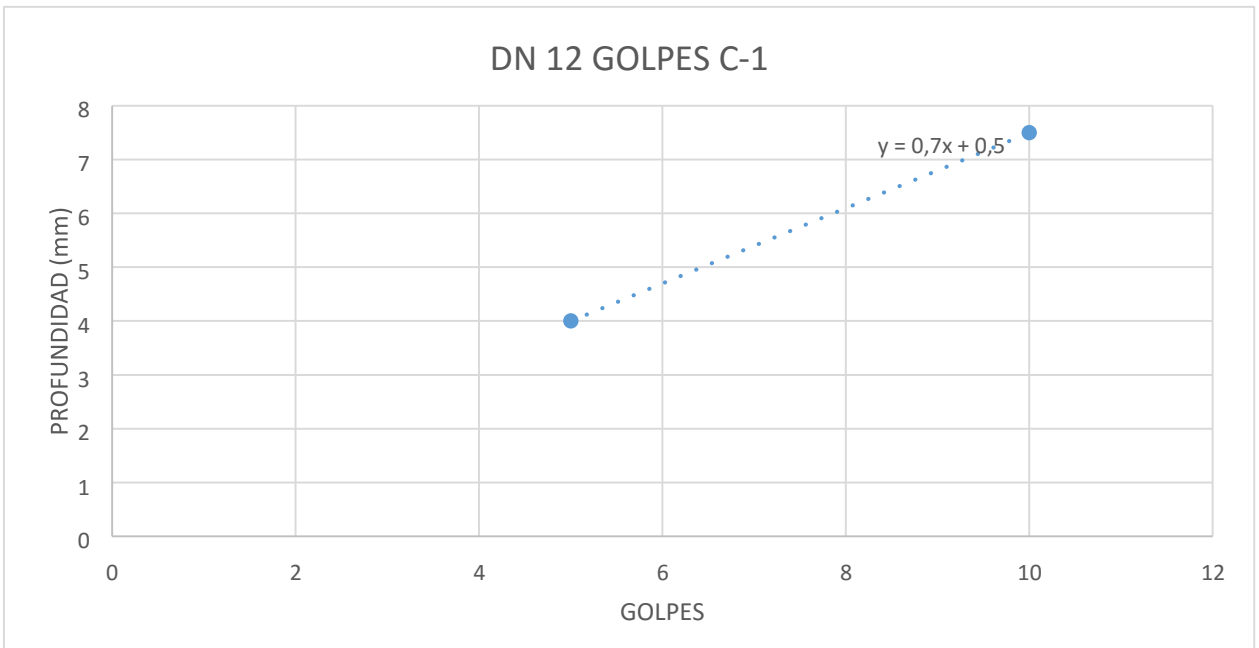
| Pulg.        | lb/pulg <sup>2</sup> | arga |                      | Corr.                | arga |                      | Corr.                | arga |                      | Corr.     |
|--------------|----------------------|------|----------------------|----------------------|------|----------------------|----------------------|------|----------------------|-----------|
|              |                      | lb   | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> | lb   | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg <sup>2</sup> | lb   | lb/pulg <sup>2</sup> | Lb/pulg.2 |
| <b>0</b>     |                      | 0    | 0                    |                      | 0    | 0                    |                      | 0    | 0                    |           |
| <b>0.025</b> |                      | 139  | 44                   |                      | 92   | 29                   |                      | 33   | 11                   |           |
| <b>0.050</b> |                      | 558  | 178                  |                      | 213  | 68                   |                      | 89   | 28                   |           |
| <b>0.075</b> |                      | 849  | 270                  |                      | 362  | 115                  |                      | 165  | 52                   |           |
| <b>0.100</b> | 1000                 | 1229 | 391                  | 500                  | 520  | 166                  | 280                  | 270  | 86                   | 135       |
| <b>0.150</b> |                      | 1894 | 603                  |                      | 916  | 291                  |                      | 527  | 168                  |           |
| <b>0.200</b> | 1500                 | 2206 | 702                  | 750                  | 1363 | 434                  | 550                  | 735  | 234                  | 260       |
| <b>0.250</b> |                      | 2619 | 834                  |                      | 1806 | 575                  |                      | 865  | 275                  |           |
| <b>0.300</b> |                      | 4504 | 1200                 |                      | 2216 | 705                  |                      | 937  | 298                  |           |
| <b>0.400</b> |                      | 5872 | 1869                 |                      | 3037 | 967                  |                      | 1044 | 332                  |           |
| <b>0.500</b> |                      | 6518 | 2075                 |                      | 4040 | 1286                 |                      | 1050 | 334                  |           |



|       |                  |             |          |          | VALOR CBR(%)   |      |      |
|-------|------------------|-------------|----------|----------|----------------|------|------|
| PUNTO | CBR              | CBR%<br>0.1 | CBR% 0.2 | DENSIDAD | AL             | 0.1" | 0.2" |
| C3    | CBR 12<br>GOLFES | 13.5        | 17       | 1.48     | AL 100%<br>MDS | 50   | 50   |
|       | CBR 25<br>GOLFES | 28          | 37       | 1.87     | AL 95%<br>MDS  | 0.1" | 0.2" |
|       | CBR 56<br>GOLFES | 50          | 50       | 2.07     |                | 36   | 43   |

## ENSAYO PDC-LABORATORIO

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
|  <p>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO<br/>         LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS<br/>         TELÉFONOS:916763052<br/>         CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201<br/>         ENSAYO DE PDC- LABORATORIO<br/>         I.NV. 127-07</p> |   |  |  |
| INF  | PDC-LABORATORIO   |   |  |
| PROYECTO   | TESIS DE PREGRADO   |   |  |
| A SOLICITUD DE:  | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |   |  |
| UBICACIÓN  | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                                      |   |  |
| FECHA  | DICIEMBRE DE 2019.  |   |  |
| DESCRIPCIÓN  | Progresiva 0.000 - entrada de Huachipa-Carapongo C-1; Golpes vs Profundidad 12 golpes |   |  |
| N° DE GOLPES   | PROFUNDIDAD(mm)   |   |  |
| 0  | 0   |   |  |
| 5  | 4   |   |  |
| 10   | 7.5   |   |  |



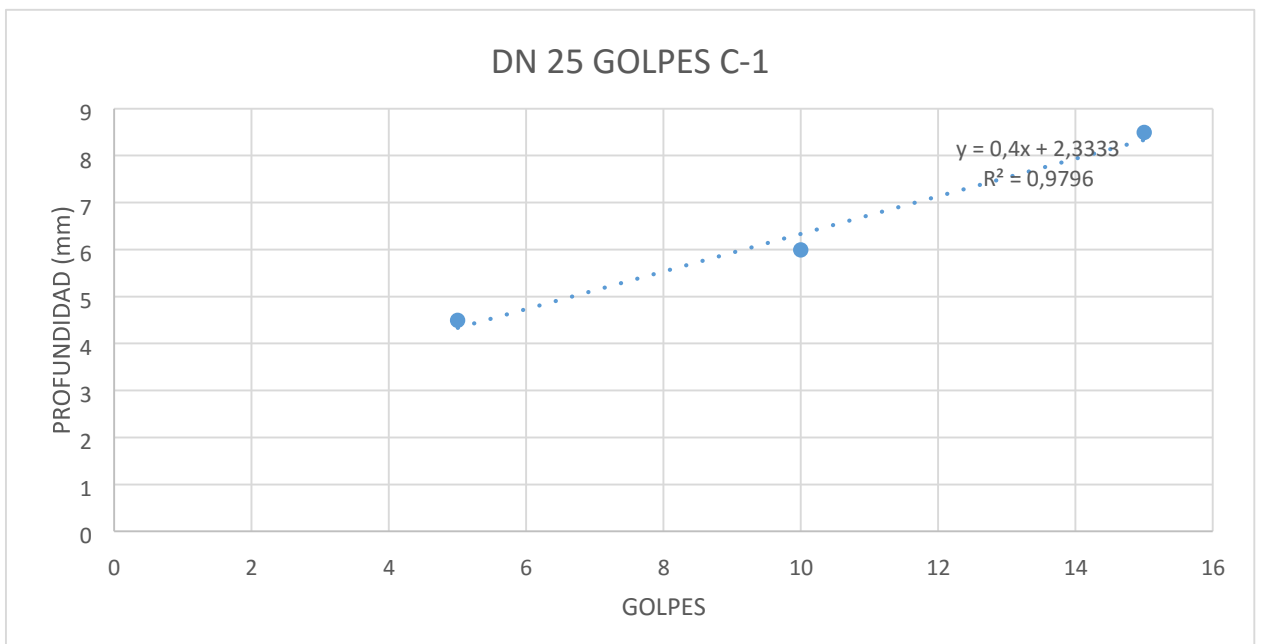
DN C1-12 GOLPES= 0.7mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO   |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO   |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                                      |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.  |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.000 - entrada de Huachipa-Carapongo C-1; Golpes vs Profundidad 25 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)   |  |
| 0               | 0   |  |
| 5               | 4.5   |  |
| 10              | 6   |  |
| 15              | 8.5   |  |



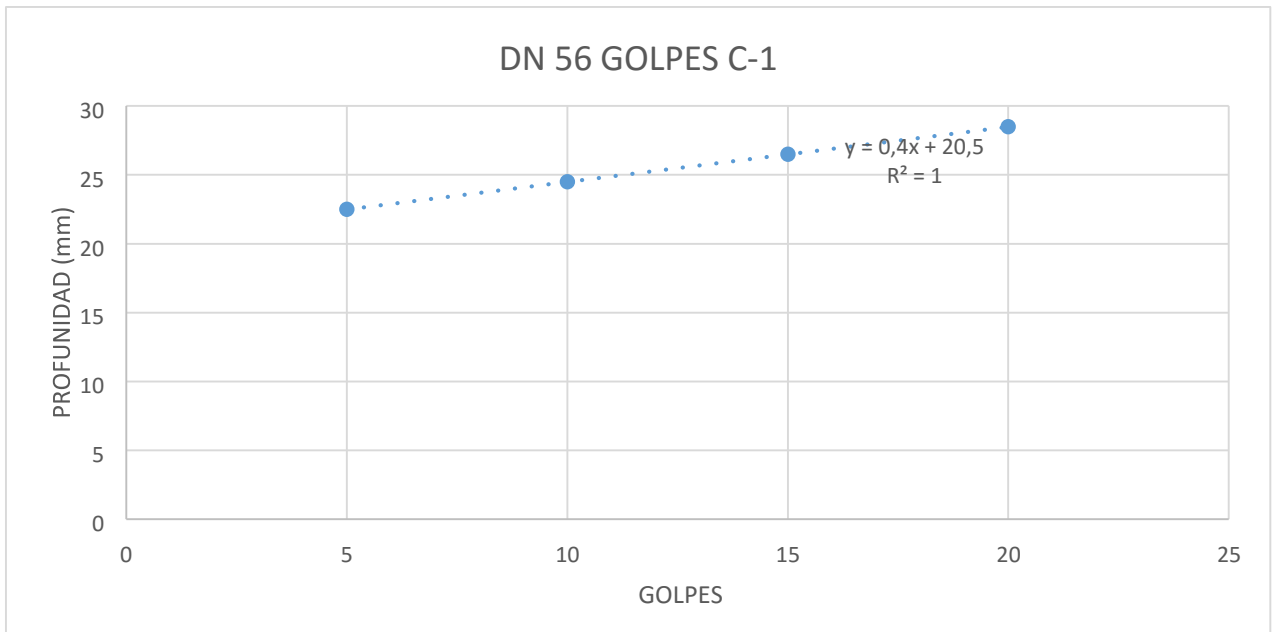
DN C1-25 GOLPES= 0.4mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO   |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO   |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA                                      |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.  |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.000 - entrada de Huachipa-Carapongo C-1; Golpes vs Profundidad 56 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)   |  |
| 0               | 0   |  |
| 5               | 3.5   |  |
| 10              | 5   |  |
| 15              | 6.5   |  |
| 20              | 8   |  |



DN C1-56 GOLPES= 0.3mm/golpe

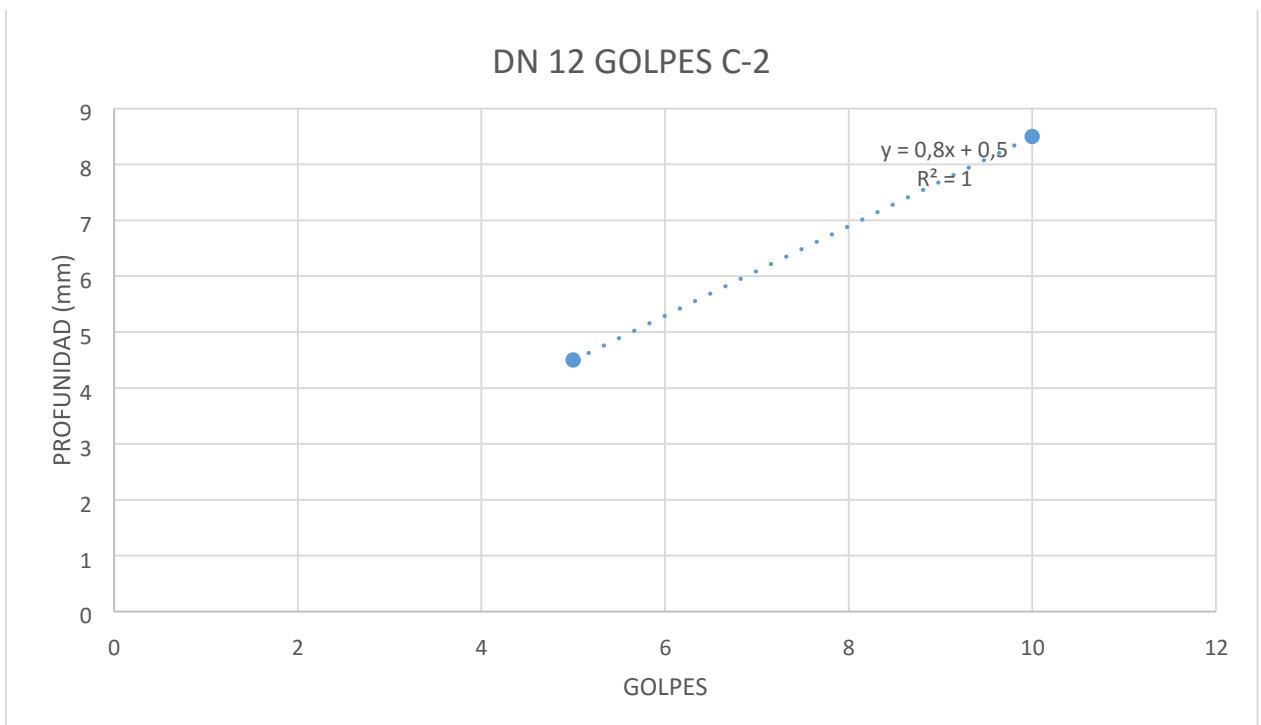




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO   |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO   |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA  |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.  |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo C-2; Golpes vs profundidad 12 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)   |  |
| 0               | 0   |  |
| 5               | 4.5   |  |
| 10              | 8.5   |  |



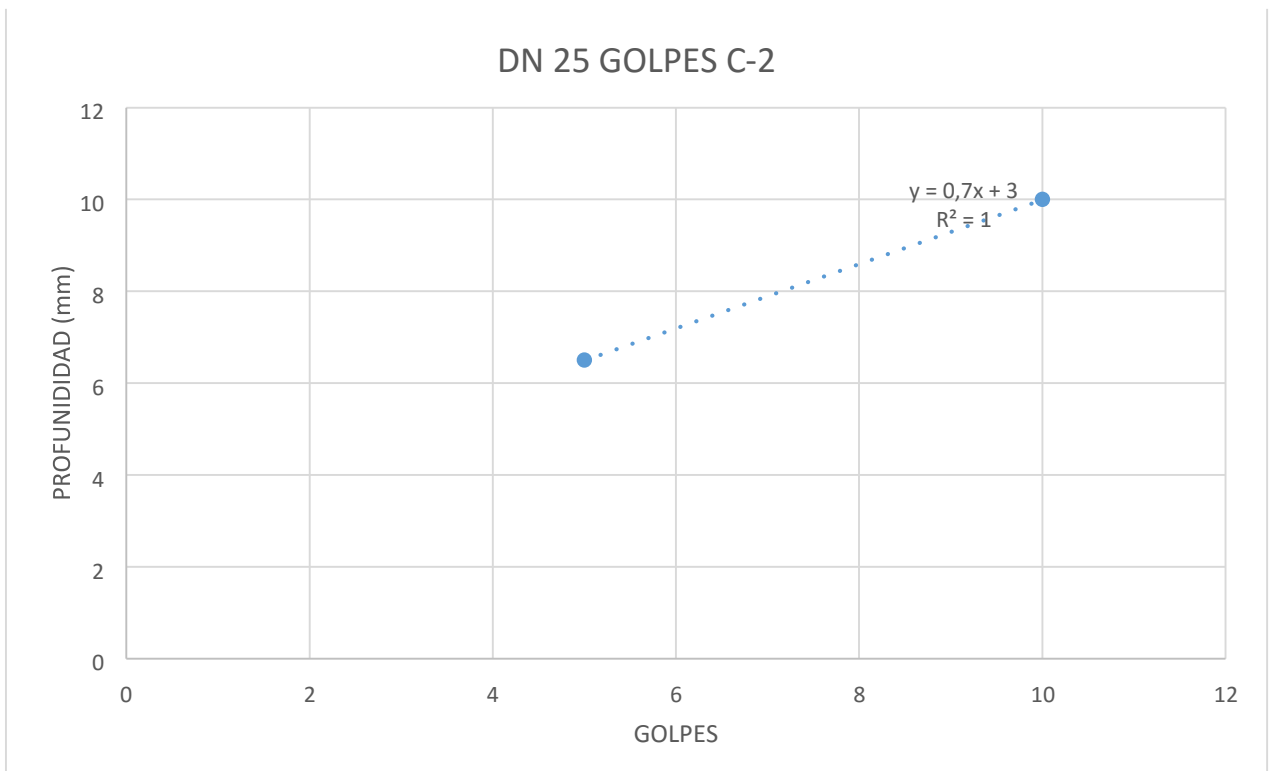
DN C2-12 GOLPES= 0.8mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO   |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO   |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA  |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.  |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo C-2; Golpes vs profundidad 25 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)   |  |
| 0               | 0   |  |
| 5               | 5.5   |  |
| 10              | 10  |  |



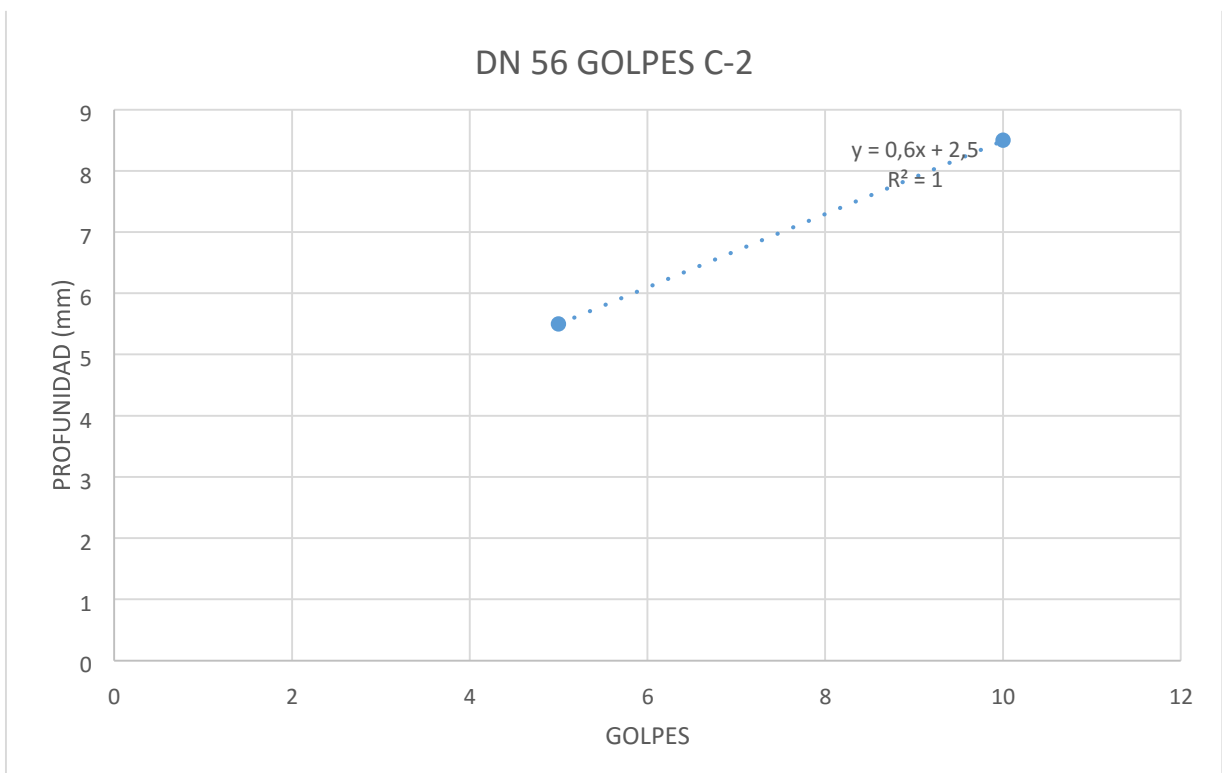
DN C2-25 GOLPES= 0.7mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |   |  |
|-----------------|---|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO   |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO   |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR   |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA  |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.  |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo C-2; Golpes vs profundidad 56 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)   |  |
| 0               | 0   |  |
| 5               | 5.5   |  |
| 10              | 8.5   |  |



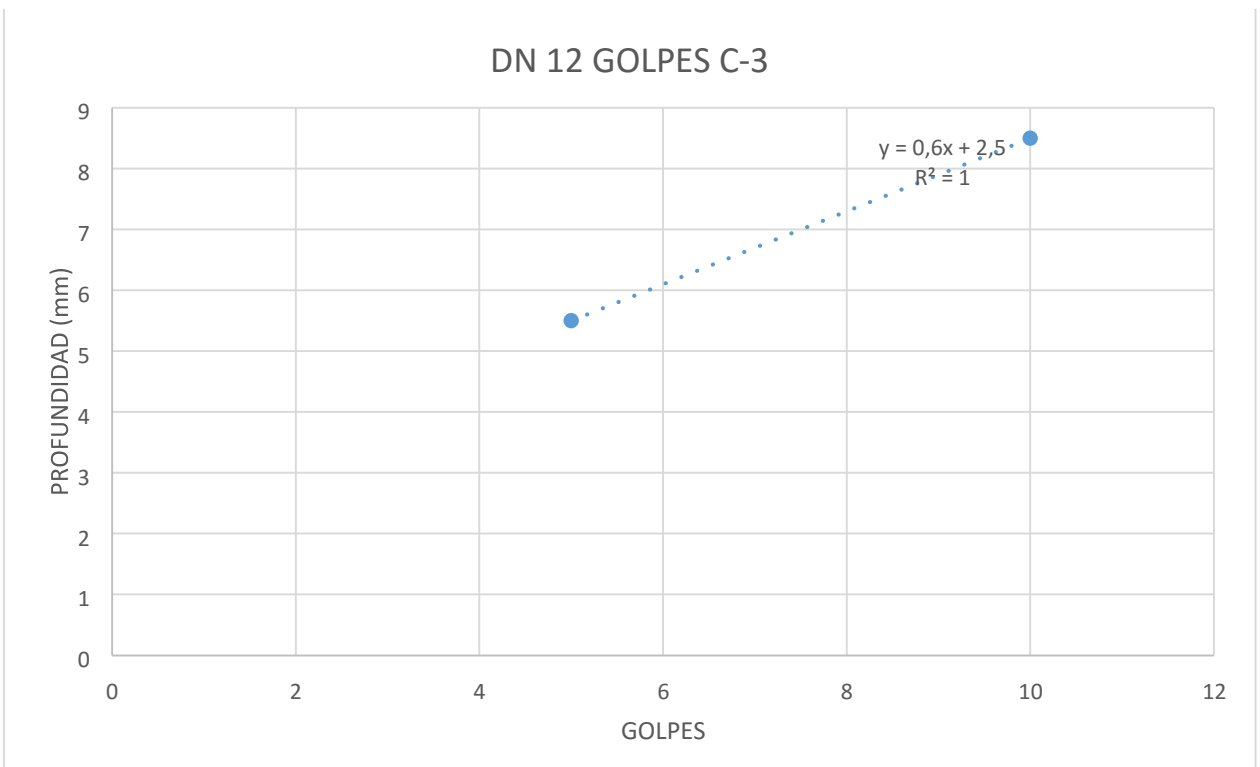
DN C2-56 GOLPES= 0.6mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO  |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO  |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR  |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.   |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo C-3; Golpes vs profundidad 12 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)  |  |
| 0               | 0  |  |
| 5               | 5.5  |  |
| 10              | 8.5  |  |



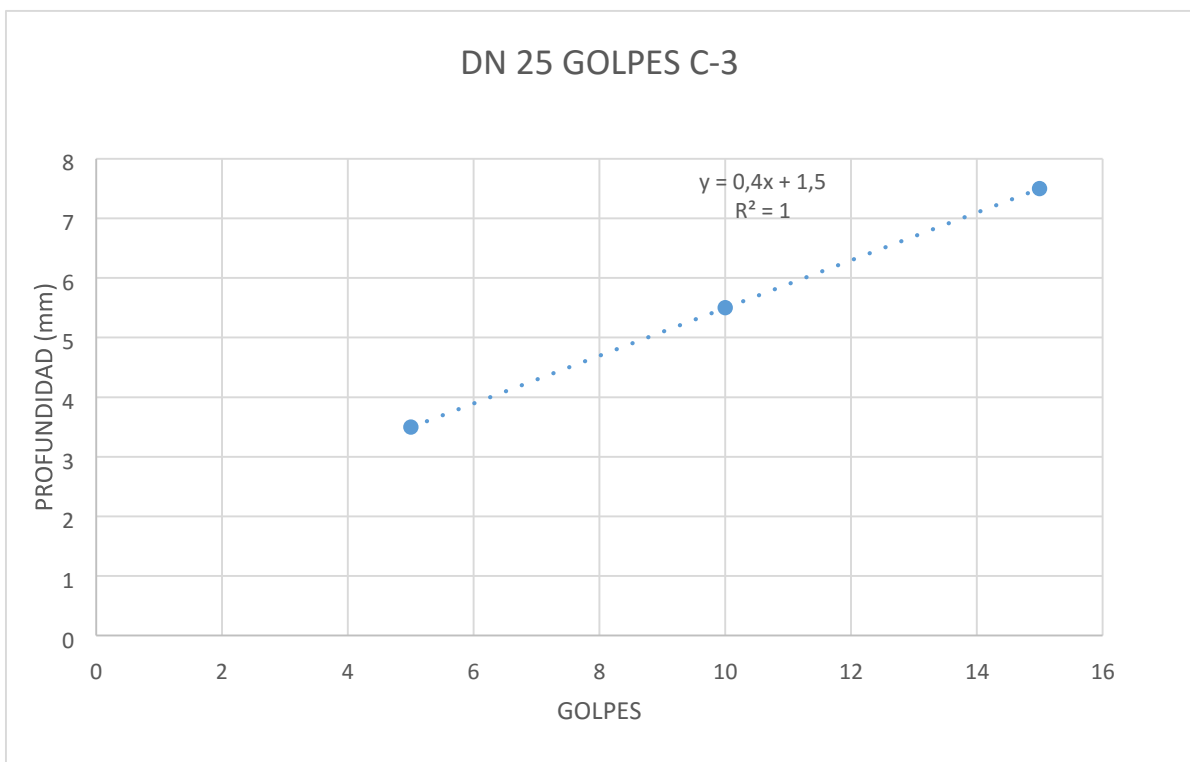
DN C3-12 GOLPES= 0.6mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO  |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO  |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR  |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.   |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo C-3; Golpes vs profundidad 25 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)  |  |
| 0               | 0  |  |
| 5               | 3.5  |  |
| 10              | 5.5  |  |
| 15              | 7.5  |  |



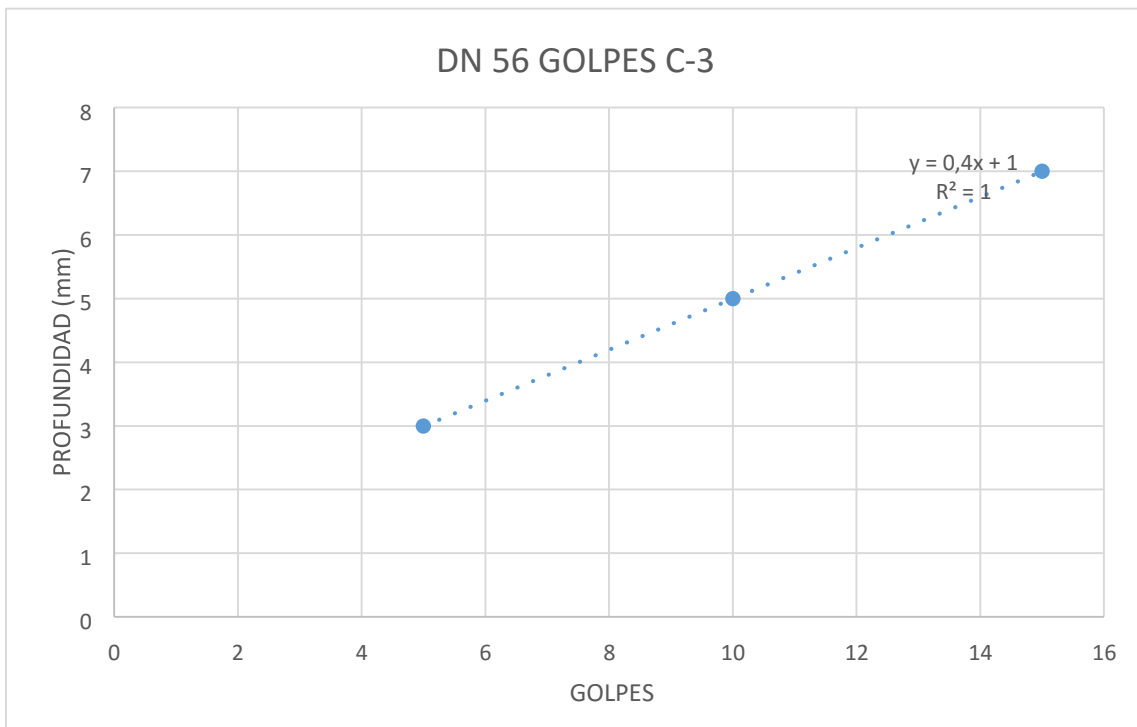
DN C3-25 GOLPES= 0.4mm/golpe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- LABORATORIO  
I.NV. 127-07



|                 |  |  |
|-----------------|--|--|
| INF             | PDC-LABORATORIO  |  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO  |  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR  |  |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA   |  |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.   |  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo C-3; Golpes vs profundidad 56 golpes |  |
| N° DE GOLPES    | PROFUNDIDAD(mm)  |  |
| 0               | 0  |  |
| 5               | 3  |  |
| 10              | 5  |  |
| 15              | 7  |  |



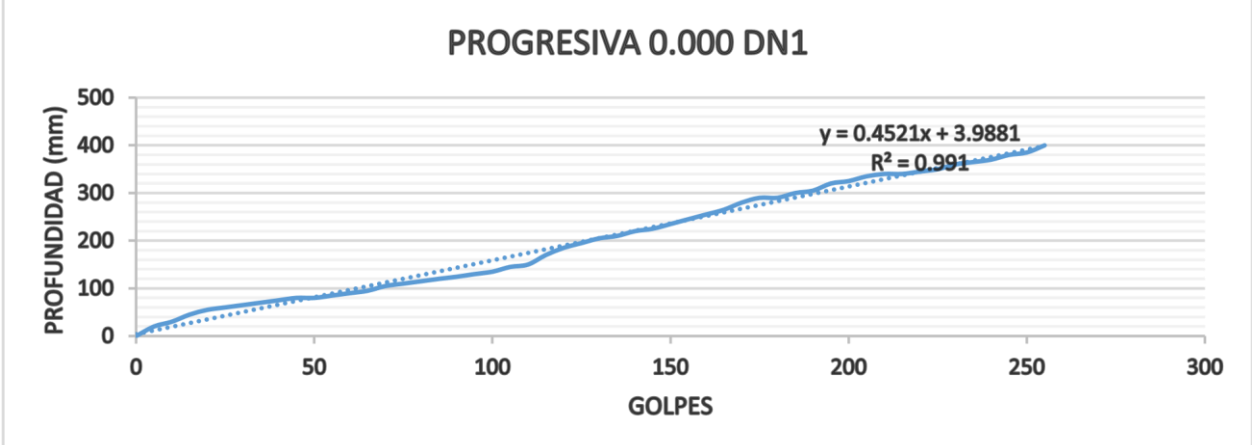
DN C3-56 GOLPES= 0.4mm/golp ENSAYO PDC-CAMPO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS:916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
 ENSAYO DE PDC- CAMPO  
 I.NV. 127-07



| INF               | PDC-CAMPO  |                   |                  |                   |                  |
|-------------------|--|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| PROYECTO          | TESIS DE PREGRADO                                |                   |                  |                   |                  |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                      |                   |                  |                   |                  |
| UBICACIÓN         | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA |                   |                  |                   |                  |
| FECHA             | DICIEMBRE DE 2019.                               |                   |                  |                   |                  |
| DESCRIPCIÓN       | progresiva 0.000 entrada de Huachipa-Carapongo   |                   |                  |                   |                  |
| Golpes acumulados | Profundidad (mm)                                 | Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) |
| 0                 | 0  | 90                | 124,4            | 180               | 290              |
| 5                 | 20   | 95                | 130              | 185               | 300              |
| 10                | 30   | 100               | 135              | 190               | 305              |
| 15                | 45   | 105               | 145              | 195               | 320              |
| 20                | 55   | 110               | 150              | 200               | 325              |
| 25                | 60   | 115               | 170              | 205               | 335              |
| 30                | 65   | 120               | 185              | 210               | 340              |
| 35                | 70   | 125               | 195              | 215               | 340              |
| 40                | 75   | 130               | 205              | 220               | 345              |
| 45                | 80   | 135               | 210              | 225               | 350              |
| 50                | 80   | 140               | 220              | 230               | 360              |
| 55                | 85   | 145               | 225              | 235               | 365              |
| 60                | 90   | 150               | 235              | 240               | 370              |
| 65                | 95   | 155               | 245              | 245               | 380              |
| 70                | 105  | 160               | 255              | 250               | 385              |
| 75                | 110  | 165               | 265              | 255               | 400              |
| 80                | 115  | 170               | 280              |                   |                  |
| 85                | 120  | 175               | 290              |                   |                  |



DN=0.4521

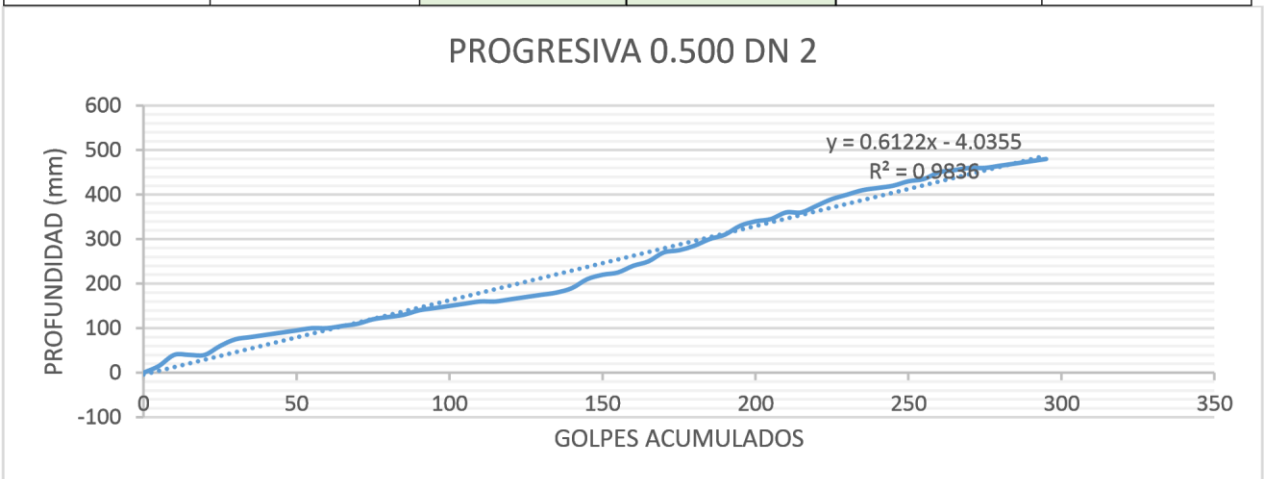


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS:916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
 ENSAYO DE PDC- CAMPO  
 I.NV. 127-07



|                 |   |
|-----------------|---|
| INF             | PDC-CAMPO   |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO                                   |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                         |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA    |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.                                  |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.500- paradero riel. Huachipa-Carapongo |

| Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 0                 | 0                | 100               | 150              | 200               | 340              |
| 5                 | 15               | 105               | 155              | 205               | 345              |
| 10                | 40               | 110               | 160              | 210               | 360              |
| 15                | 40               | 115               | 160              | 215               | 360              |
| 20                | 40               | 120               | 165              | 220               | 375              |
| 25                | 60               | 125               | 170              | 225               | 390              |
| 30                | 75               | 130               | 175              | 230               | 400              |
| 35                | 80               | 135               | 180              | 235               | 410              |
| 40                | 85               | 140               | 190              | 240               | 415              |
| 45                | 90               | 145               | 210              | 245               | 420              |
| 50                | 95               | 150               | 220              | 250               | 430              |
| 55                | 100              | 155               | 225              | 255               | 435              |
| 60                | 100              | 160               | 240              | 260               | 450              |
| 65                | 105              | 165               | 250              | 265               | 455              |
| 70                | 110              | 170               | 270              | 270               | 460              |
| 75                | 120              | 175               | 275              | 275               | 460              |
| 80                | 125              | 180               | 285              | 280               | 465              |
| 85                | 130              | 185               | 300              | 285               | 470              |
| 90                | 140              | 190               | 310              | 290               | 475              |
| 95                | 145              | 195               | 330              | 295               | 480              |



DN=0.6122

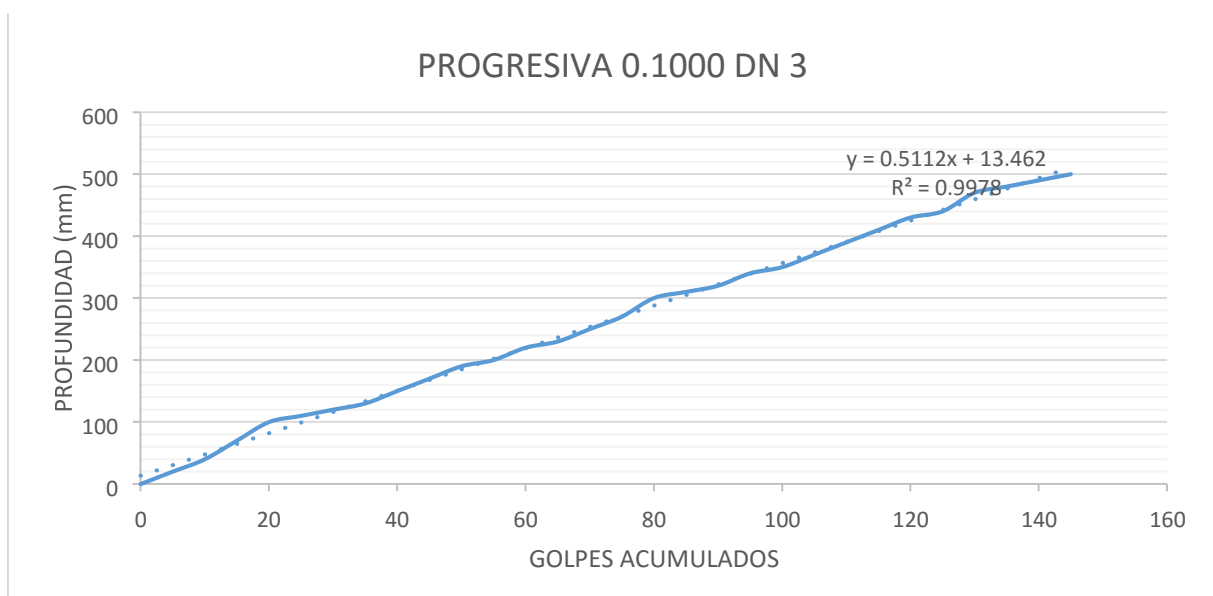




UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 TELÉFONOS:916763052  
 CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
 ENSAYO DE PDC- CAMPO  
 I.NV. 127-07



| INF               | PDC-CAMPO  |                   |                  |                   |                  |
|-------------------|--|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| PROYECTO          | TESIS DE PREGRADO  |                   |                  |                   |                  |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                                |                   |                  |                   |                  |
| UBICACIÓN         | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA           |                   |                  |                   |                  |
| FECHA             | DICIEMBRE DE 2019.   |                   |                  |                   |                  |
| DESCRIPCIÓN       | Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo |                   |                  |                   |                  |
| Golpes acumulados | Profundidad (mm)   | Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) |
| 0                 | 0  | 55                | 200              | 110               | 390              |
| 5                 | 20   | 60                | 220              | 115               | 410              |
| 10                | 40   | 65                | 230              | 120               | 430              |
| 15                | 70   | 70                | 250              | 125               | 440              |
| 20                | 100  | 75                | 270              | 130               | 470              |
| 25                | 110  | 80                | 300              | 135               | 480              |
| 30                | 120  | 85                | 310              | 140               | 490              |
| 35                | 130  | 90                | 320              | 145               | 500              |
| 40                | 150  | 95                | 340              |                   |                  |
| 45                | 170  | 100               | 350              |                   |                  |
| 50                | 190  | 105               | 370              |                   |                  |



DN=0.5112.



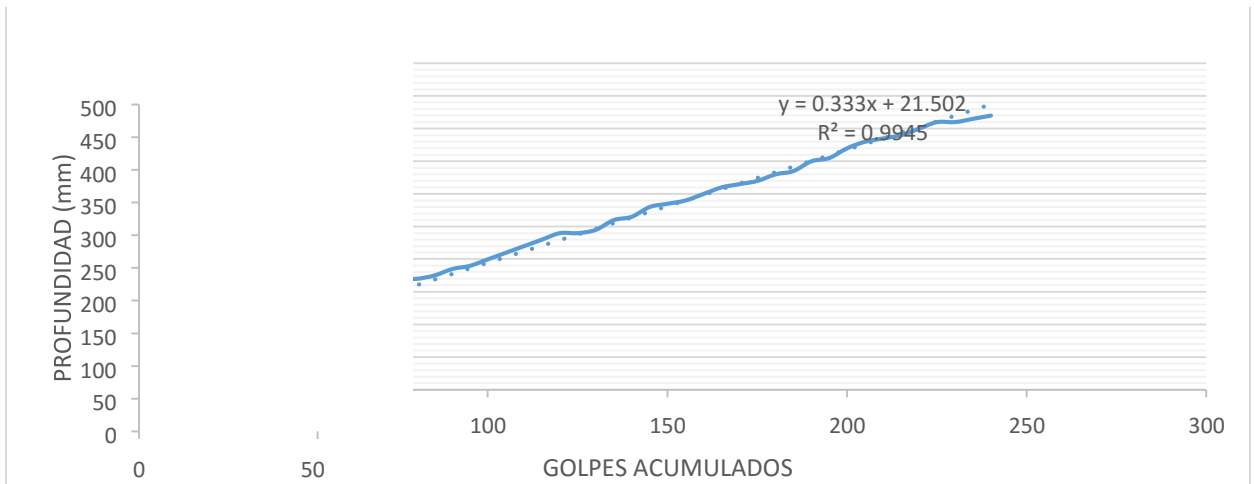
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- CAMPO  
I.NV. 127-07





|                 |  |
|-----------------|--|
| INF             | PDC-CAMPO  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO  |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                              |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA         |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.                                       |
| DESCRIPCIÓN     | Progresiva 0.1500- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo |

| Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 0                 | 0                | 85                | 175              | 170               | 315              |
| 5                 | 10               | 90                | 185              | 175               | 320              |
| 10                | 20               | 95                | 190              | 180               | 330              |
| 15                | 35               | 100               | 200              | 185               | 335              |
| 20                | 50               | 105               | 210              | 190               | 350              |
| 25                | 55               | 110               | 220              | 195               | 355              |
| 30                | 70               | 115               | 230              | 200               | 370              |
| 35                | 80               | 120               | 240              | 205               | 380              |
| 40                | 90               | 125               | 240              | 210               | 385              |
| 45                | 95               | 130               | 245              | 215               | 390              |
| 50                | 110              | 135               | 260              | 220               | 400              |
| 55                | 120              | 140               | 265              | 225               | 410              |
| 60                | 140              | 145               | 280              | 230               | 410              |
| 65                | 150              | 150               | 285              | 235               | 415              |
| 70                | 160              | 155               | 290              | 240               | 420              |
| 75                | 170              | 160               | 300              |                   |                  |
| 80                | 170              | 165               | 310              |                   |                  |

PROGRESIVA 0.1500 DN 4



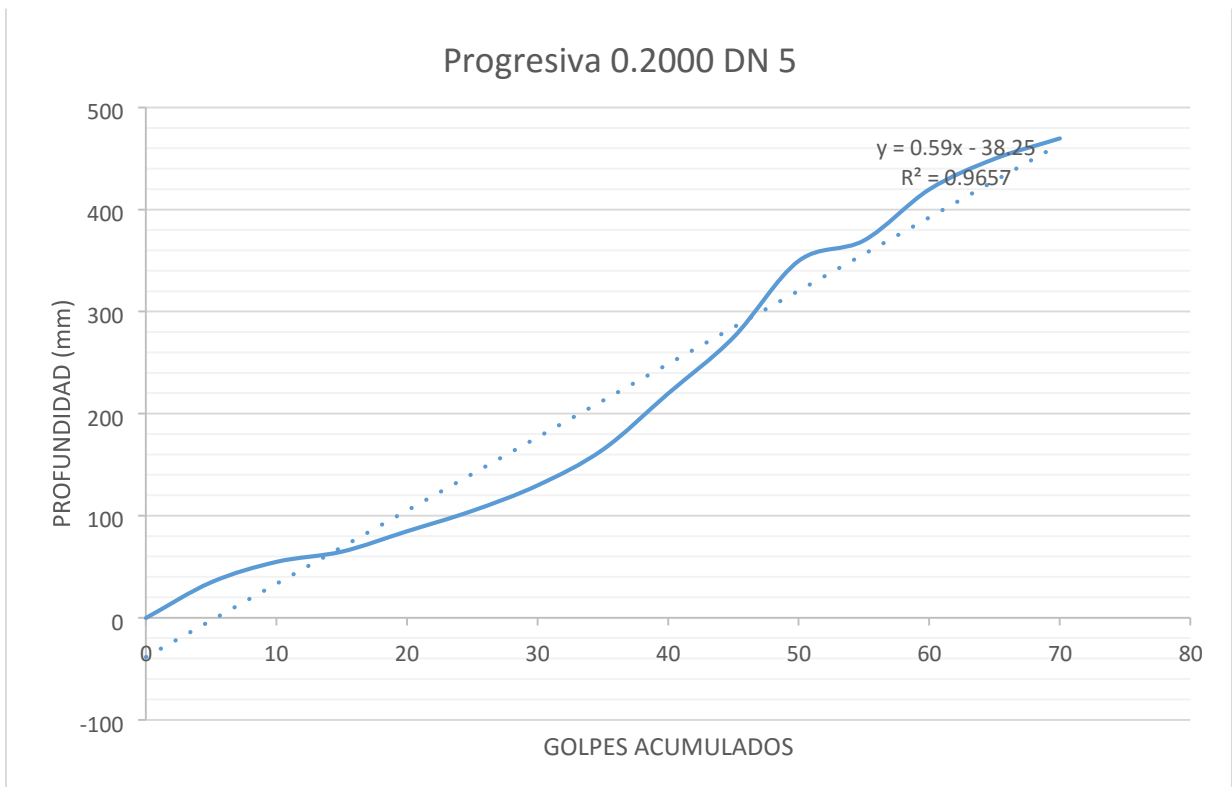
DN= de 0.333

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO<br/>         LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS<br/>         TELÉFONOS:916763052<br/>         CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201<br/>         ENSAYO DE PDC- CAMPO<br/>         I.NV. 127-07</p> |  |
|---|--|---|

|                 |  |
|-----------------|--|
| INF             | PDC-CAMPO  |
| PROYECTO        | TESIS DE PREGRADO                                |
| A SOLICITUD DE: | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                      |
| UBICACIÓN       | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA |
| FECHA           | DICIEMBRE DE 2019.                               |
| DESCRIPCIÓN     | progresiva 0.2000- Sedapal. Huachipa-Carapongo   |

| Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) |
|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| 0                 | 0                | 25                | 105              | 50                | 105              |
| 5                 | 10               | 30                | 110              | 55                | 110              |
| 10                | 14               | 35                | 118              | 60                | 118              |
| 15                | 17               | 40                | 123              | 65                | 123              |
| 20                | 20               | 45                | 131              | 70                | 131              |
| 25                | 23               | 50                | 136.9            | 75                | 136.9            |
| 30                | 25               | 55                | 143.4            | 80                | 143.4            |
| 35                | 27               | 60                | 149.9            | 85                | 149.9            |
| 40                | 31               | 65                | 156.4            | 90                | 156.4            |
| 45                | 31               | 70                | 162.9            | 95                | 162.9            |
| 50                | 33               | 75                | 169.4            | 100               | 169.4            |
| 55                | 35               | 80                | 175.9            | 105               | 175.9            |
| 60                | 37               | 85                | 182.4            | 110               | 182.4            |
| 65                | 39               | 90                | 188.9            | 115               | 188.9            |
| 70                | 41               | 95                | 195.4            | 120               | 195.4            |
| 75                | 42               | 100               | 201.9            | 125               | 201.9            |
| 80                | 44               | 105               | 208.4            | 130               | 208.4            |
| 85                | 45               | 110               | 214.9            | 135               | 214.9            |
| 90                | 47               | 115               | 221.4            | 140               | 221.4            |
| 95                | 49               | 120               | 227.9            | 145               | 227.9            |
| 100               | 51               | 125               | 234.4            | 150               | 234.4            |

|     |    |     |       |     |       |
|-----|----|-----|-------|-----|-------|
| 105 | 53 | 130 | 240.9 | 155 | 240.9 |
| 110 | 55 | 135 | 247.4 | 160 | 247.4 |
| 115 | 54 | 140 | 253.9 | 165 | 253.9 |
| 120 | 58 | 145 | 260.4 | 170 | 260.4 |
| 125 | 60 | 150 | 266.9 | 175 | 266.9 |
| 130 | 61 | 155 | 273.4 | 180 | 273.4 |
| 135 | 65 | 160 | 279.9 | 185 | 279.9 |
| 140 | 68 | 165 | 286.4 | 190 | 286.4 |
| 145 | 70 | 170 | 292.9 | 195 | 292.9 |
| 150 | 71 | 175 | 299.4 | 200 | 299.4 |
| 155 | 75 | 180 | 305.9 | 205 | 305.9 |
| 160 | 77 | 185 | 312.4 | 210 | 312.4 |
| 165 | 80 | 190 | 318.9 | 215 | 318.9 |
| 170 | 82 | 195 | 325.4 | 220 | 325.4 |



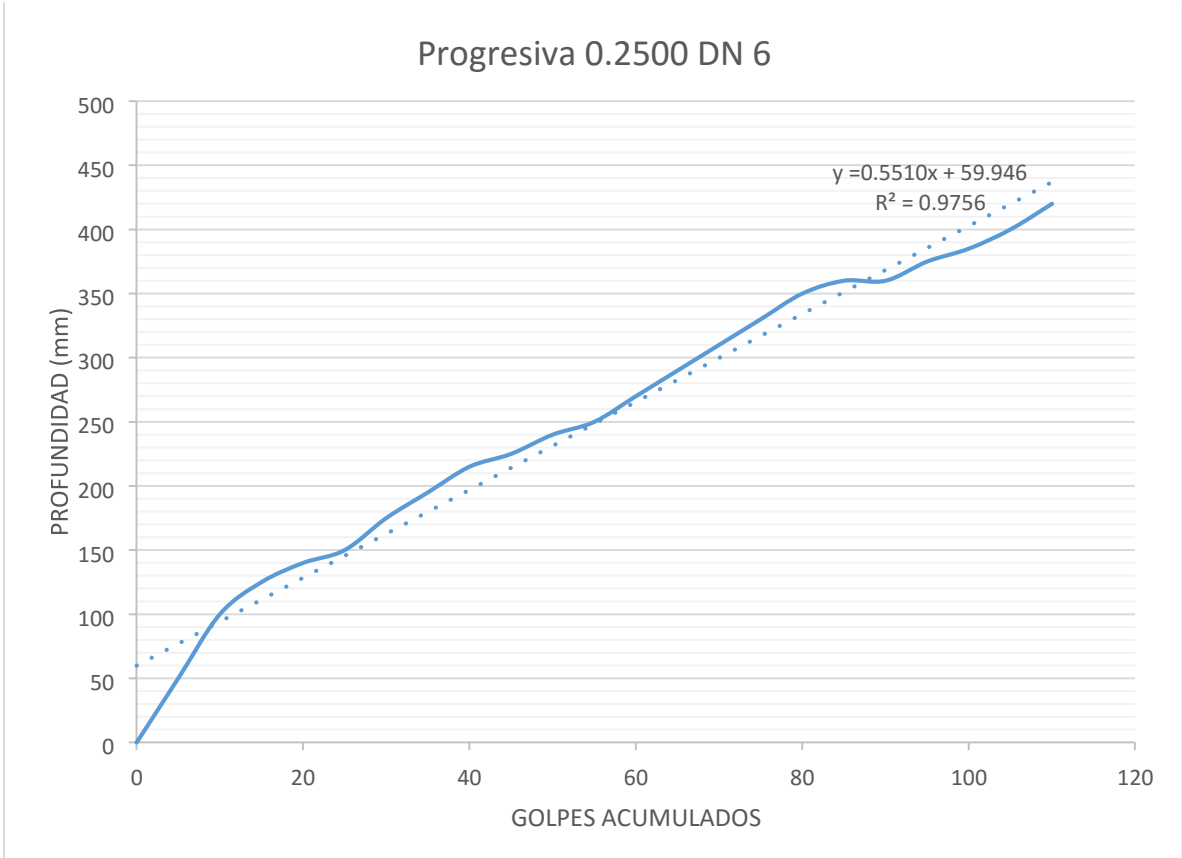
DN=0.59.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
TELÉFONOS:916763052  
CAPUS ATE- LIMA, PERÚ. 201  
ENSAYO DE PDC- CAMPO  
I.NV. 127-07



| INF               | PDC-CAMPO   |                   |                  |                   |                  |
|-------------------|---|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| PROYECTO          | TESIS DE PREGRADO                                     |                   |                  |                   |                  |
| A SOLICITUD DE:   | ELMER ALFONSO TAPIA SALAZAR                           |                   |                  |                   |                  |
| UBICACIÓN         | AV. CARAPONGO-AV. HUACHIPA – LURIGANCHO, CHOSICA      |                   |                  |                   |                  |
| FECHA             | DICIEMBRE DE 2019.                                    |                   |                  |                   |                  |
| DESCRIPCIÓN       | Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo |                   |                  |                   |                  |
| Golpes acumulados | Profundidad (mm)                                      | Golpes acumulados | Profundidad (mm) | Golpes acumulados | Profundidad (mm) |
| 0                 | 0   | 30                | 108              | 50                | 103              |
| 5                 | 11  | 35                | 111              | 55                | 106              |
| 10                | 15  | 40                | 115              | 60                | 108              |
| 15                | 20  | 45                | 120              | 65                | 114              |
| 20                | 23  | 50                | 122              | 70                | 120              |
| 25                | 24  | 55                | 126.3            | 75                | 122.8            |
| 30                | 26  | 60                | 130              | 80                | 127              |
| 35                | 30  | 65                | 133.7            | 85                | 131.2            |
| 40                | 33  | 70                | 137.4            | 90                | 135.4            |
| 45                | 36  | 75                | 141.1            | 95                | 139.6            |
| 50                | 39  | 80                | 144.8            | 100               | 143.8            |
| 55                | 42  | 85                | 148.5            | 105               | 148              |
| 60                | 45  | 90                | 152.2            | 110               | 152.2            |
| 65                | 48  | 95                | 155.9            | 115               | 156.4            |
| 70                | 51  | 100               | 159.6            | 120               | 160.6            |
| 75                | 54  | 105               | 163.3            | 125               | 164.8            |
| 80                | 57  | 110               | 167              | 130               | 169              |
| 85                | 60  | 115               | 170.7            | 135               | 173.2            |
| 90                | 63  | 120               | 174.4            | 140               | 177.4            |
| 95                | 66  | 125               | 178.1            | 145               | 181.6            |
| 100               | 69  | 130               | 181.8            | 150               | 185.8            |
| 105               | 72  | 135               | 185.5            | 155               | 190              |
| 110               | 75  | 140               | 189.2            | 160               | 194.2            |
| 115               | 78  | 145               | 192.9            | 165               | 198.4            |
| 120               | 81  | 150               | 196.6            | 170               | 202.6            |
| 125               | 84  | 155               | 200.3            | 175               | 206.8            |
| 130               | 87  | 160               | 204              | 180               | 211              |
| 135               | 90  | 165               | 207.7            | 185               | 215.2            |
| 140               | 93  | 170               | 211.4            | 190               | 219.4            |
| 145               | 96  | 175               | 215.1            | 195               | 223.6            |
| 150               | 99  | 180               | 218.8            | 200               | 227.8            |
| 155               | 102   | 185               | 222.5            | 205               | 232              |
| 160               | 105   | 190               | 226.2            | 210               | 236.2            |
| 165               | 108   | 195               | 229.9            | 215               | 240.4            |
| 170               | 111   | 200               | 233.6            | 220               | 244.6            |



DN=0.5510

PANEL FOTOGRÁFICO.

EXCAVACIÓN DE CALICATAS.

progresiva 0.000 entrada de Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

LÍMITES DE ATTERBERG.



Fuente: Toma propia





Fuente: Toma propia

GRANULOMETRÍA.



Fuente: Toma propia

ENSAYO CBR.



Fuente: Toma propia

ENSAYO PDC LABORATORIO.



Fuente: Toma propi  
ENSAYO PDC EN CAMPO.

Progresiva 0.000 - entrada de Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propi

Progresiva 0.500- paradero riel. Huachipa-Carapongo



Progresiva 0.1000- paradero de la cruz. Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

Progresiva 0.1500- paradero de Oasis. Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

Progresiva 0.2000- Sedapal. Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

Progresiva 0.2500- paradero línea. Huachipa-Carapongo



Fuente: Toma propia

# CERTIFICACIÓN DE CALIBRACIÓN.

Calibración de anillo.



**Metrotest**  
E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

CFM - 264- 2019

Pág.2 de 5

Carga (kgf) =  $A_0 + A_1 \cdot X + A_2 \cdot X^2 + A_3 \cdot X^3$  ; X = lectura del dial (°)  
 $A_0 = 0,045170$      $A_1 = 4,181730$      $A_2 = 0,00056380$      $A_3 = 0,0000E+00$   
 Desvío estándar del ajuste: 2,08 kgf

Carga en kgf

| Lectura | 0       | 1       | 2       | 3       | 4       | 5       | 6       | 7       | 8       | 9       |
|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 100     | 423,9   | 428,2   | 432,4   | 436,7   | 441,0   | 445,3   | 449,6   | 453,9   | 458,2   | 462,6   |
| 110     | 466,9   | 471,2   | 475,5   | 479,8   | 484,1   | 488,4   | 492,7   | 497,0   | 501,3   | 505,7   |
| 120     | 510,0   | 514,3   | 518,6   | 522,9   | 527,2   | 531,6   | 535,9   | 540,2   | 544,5   | 548,9   |
| 130     | 553,2   | 557,5   | 561,9   | 566,2   | 570,5   | 574,9   | 579,2   | 583,5   | 587,9   | 592,2   |
| 140     | 596,5   | 600,9   | 605,2   | 609,6   | 613,9   | 618,2   | 622,6   | 626,9   | 631,3   | 635,6   |
| 150     | 640,0   | 644,3   | 648,7   | 653,0   | 657,4   | 661,8   | 666,1   | 670,5   | 674,8   | 679,2   |
| 160     | 683,6   | 687,9   | 692,3   | 696,6   | 701,0   | 705,4   | 709,7   | 714,1   | 718,5   | 722,9   |
| 170     | 727,2   | 731,6   | 736,0   | 740,4   | 744,7   | 749,1   | 753,5   | 757,9   | 762,3   | 766,6   |
| 180     | 771,0   | 775,4   | 779,8   | 784,2   | 788,6   | 793,0   | 797,4   | 801,7   | 806,1   | 810,5   |
| 190     | 814,9   | 819,3   | 823,7   | 828,1   | 832,5   | 836,9   | 841,3   | 845,7   | 850,1   | 854,5   |
| 200     | 858,9   | 863,3   | 867,7   | 872,1   | 876,5   | 880,9   | 885,3   | 889,7   | 894,1   | 898,5   |
| 210     | 903,1   | 907,5   | 911,9   | 916,3   | 920,7   | 925,1   | 929,5   | 933,9   | 938,3   | 942,7   |
| 220     | 947,3   | 951,7   | 956,1   | 960,5   | 964,9   | 969,3   | 973,7   | 978,1   | 982,5   | 986,9   |
| 230     | 991,7   | 996,1   | 1.000,5 | 1.004,9 | 1.009,3 | 1.013,7 | 1.018,1 | 1.022,5 | 1.026,9 | 1.031,3 |
| 240     | 1.036,1 | 1.040,5 | 1.044,9 | 1.049,3 | 1.053,7 | 1.058,1 | 1.062,5 | 1.066,9 | 1.071,3 | 1.075,7 |
| 250     | 1.080,7 | 1.085,1 | 1.089,5 | 1.093,9 | 1.098,3 | 1.102,7 | 1.107,1 | 1.111,5 | 1.115,9 | 1.120,3 |
| 260     | 1.125,4 | 1.129,8 | 1.134,2 | 1.138,6 | 1.143,0 | 1.147,4 | 1.151,8 | 1.156,2 | 1.160,6 | 1.165,0 |
| 270     | 1.170,2 | 1.174,6 | 1.179,0 | 1.183,4 | 1.187,8 | 1.192,2 | 1.196,6 | 1.201,0 | 1.205,4 | 1.209,8 |
| 280     | 1.215,1 | 1.219,5 | 1.223,9 | 1.228,3 | 1.232,7 | 1.237,1 | 1.241,5 | 1.245,9 | 1.250,3 | 1.254,7 |
| 290     | 1.260,2 | 1.264,6 | 1.269,0 | 1.273,4 | 1.277,8 | 1.282,2 | 1.286,6 | 1.291,0 | 1.295,4 | 1.300,8 |
| 300     | 1.305,3 | 1.309,7 | 1.314,1 | 1.318,5 | 1.322,9 | 1.327,3 | 1.331,7 | 1.336,1 | 1.340,5 | 1.344,9 |
| 310     | 1.350,6 | 1.355,0 | 1.359,4 | 1.363,8 | 1.368,2 | 1.372,6 | 1.377,0 | 1.381,4 | 1.385,8 | 1.390,2 |
| 320     | 1.395,9 | 1.400,3 | 1.404,7 | 1.409,1 | 1.413,5 | 1.417,9 | 1.422,3 | 1.426,7 | 1.431,1 | 1.435,5 |
| 330     | 1.441,4 | 1.445,8 | 1.450,2 | 1.454,6 | 1.459,0 | 1.463,4 | 1.467,8 | 1.472,2 | 1.476,6 | 1.481,0 |
| 340     | 1.487,0 | 1.491,4 | 1.495,8 | 1.500,2 | 1.504,6 | 1.509,0 | 1.513,4 | 1.517,8 | 1.522,2 | 1.526,6 |
| 350     | 1.532,7 | 1.537,1 | 1.541,5 | 1.545,9 | 1.550,3 | 1.554,7 | 1.559,1 | 1.563,5 | 1.567,9 | 1.572,3 |
| 360     | 1.578,5 | 1.582,9 | 1.587,3 | 1.591,7 | 1.596,1 | 1.600,5 | 1.604,9 | 1.609,3 | 1.613,7 | 1.618,1 |
| 370     | 1.624,5 | 1.628,9 | 1.633,3 | 1.637,7 | 1.642,1 | 1.646,5 | 1.650,9 | 1.655,3 | 1.659,7 | 1.664,1 |
| 380     | 1.670,5 | 1.674,9 | 1.679,3 | 1.683,7 | 1.688,1 | 1.692,5 | 1.696,9 | 1.701,3 | 1.705,7 | 1.710,1 |
| 390     | 1.716,7 | 1.721,1 | 1.725,5 | 1.730,9 | 1.735,3 | 1.739,7 | 1.744,1 | 1.748,5 | 1.752,9 | 1.757,3 |



*[Signature]*  
Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología



# Metrotest E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

CFM - 264- 2019  
Pág. 3 de 5

|     |         |         |         |         |         |         |         |         |         |         |
|-----|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 400 | 1.762,9 | 1.767,6 | 1.772,2 | 1.776,8 | 1.781,5 | 1.786,1 | 1.790,8 | 1.795,4 | 1.800,0 | 1.804,7 |
| 410 | 1.809,3 | 1.814,0 | 1.818,6 | 1.823,3 | 1.827,9 | 1.832,6 | 1.837,2 | 1.841,9 | 1.846,5 | 1.851,2 |
| 420 | 1.855,8 | 1.860,5 | 1.865,1 | 1.869,8 | 1.874,5 | 1.879,1 | 1.883,8 | 1.888,4 | 1.893,1 | 1.897,8 |
| 430 | 1.902,4 | 1.907,1 | 1.911,8 | 1.916,4 | 1.921,1 | 1.925,8 | 1.930,5 | 1.935,1 | 1.939,8 | 1.944,5 |
| 440 | 1.949,2 | 1.953,8 | 1.958,5 | 1.963,2 | 1.967,9 | 1.972,6 | 1.977,2 | 1.981,9 | 1.986,6 | 1.991,3 |
| 450 | 1.996,0 | 2.000,7 | 2.005,4 | 2.010,1 | 2.014,8 | 2.019,5 | 2.024,1 | 2.028,8 | 2.033,5 | 2.038,2 |
| 460 | 2.042,9 | 2.047,6 | 2.052,3 | 2.057,0 | 2.061,8 | 2.066,5 | 2.071,2 | 2.075,9 | 2.080,6 | 2.085,3 |
| 470 | 2.090,0 | 2.094,7 | 2.099,4 | 2.104,1 | 2.108,9 | 2.113,6 | 2.118,3 | 2.123,0 | 2.127,7 | 2.132,5 |
| 480 | 2.137,2 | 2.141,9 | 2.146,6 | 2.151,3 | 2.156,1 | 2.160,8 | 2.165,5 | 2.170,3 | 2.175,0 | 2.179,7 |
| 490 | 2.184,5 | 2.189,2 | 2.193,9 | 2.198,7 | 2.203,4 | 2.208,1 | 2.212,9 | 2.217,6 | 2.222,4 | 2.227,1 |
| 500 | 2.231,9 | 2.236,6 | 2.241,4 | 2.246,1 | 2.250,9 | 2.255,6 | 2.260,4 | 2.265,1 | 2.269,9 | 2.274,6 |
| 510 | 2.279,4 | 2.284,1 | 2.288,9 | 2.293,6 | 2.298,4 | 2.303,2 | 2.307,9 | 2.312,7 | 2.317,5 | 2.322,2 |
| 520 | 2.327,0 | 2.331,8 | 2.336,5 | 2.341,3 | 2.346,1 | 2.350,9 | 2.355,6 | 2.360,4 | 2.365,2 | 2.370,0 |
| 530 | 2.374,7 | 2.379,5 | 2.384,3 | 2.389,1 | 2.393,9 | 2.398,6 | 2.403,4 | 2.408,2 | 2.413,0 | 2.417,8 |
| 540 | 2.422,6 | 2.427,4 | 2.432,2 | 2.437,0 | 2.441,8 | 2.446,6 | 2.451,3 | 2.456,1 | 2.460,9 | 2.465,7 |
| 550 | 2.470,5 | 2.475,3 | 2.480,2 | 2.485,0 | 2.489,8 | 2.494,6 | 2.499,4 | 2.504,2 | 2.509,0 | 2.513,8 |
| 560 | 2.518,6 | 2.523,4 | 2.528,3 | 2.533,1 | 2.537,9 | 2.542,7 | 2.547,5 | 2.552,3 | 2.557,2 | 2.562,0 |
| 570 | 2.566,8 | 2.571,6 | 2.576,5 | 2.581,3 | 2.586,1 | 2.590,9 | 2.595,8 | 2.600,6 | 2.605,4 | 2.610,3 |
| 580 | 2.615,1 | 2.619,9 | 2.624,8 | 2.629,6 | 2.634,5 | 2.639,3 | 2.644,1 | 2.649,0 | 2.653,8 | 2.658,7 |
| 590 | 2.663,5 | 2.668,4 | 2.673,2 | 2.678,1 | 2.682,9 | 2.687,8 | 2.692,6 | 2.697,5 | 2.702,3 | 2.707,2 |
| 600 | 2.712,1 | 2.716,9 | 2.721,8 | 2.726,6 | 2.731,5 | 2.736,4 | 2.741,2 | 2.746,1 | 2.751,0 | 2.755,8 |
| 610 | 2.760,7 | 2.765,6 | 2.770,4 | 2.775,3 | 2.780,2 | 2.785,1 | 2.789,9 | 2.794,8 | 2.799,7 | 2.804,6 |
| 620 | 2.809,4 | 2.814,3 | 2.819,2 | 2.824,1 | 2.829,0 | 2.833,9 | 2.838,7 | 2.843,6 | 2.848,5 | 2.853,4 |
| 630 | 2.858,3 | 2.863,2 | 2.868,1 | 2.873,0 | 2.877,9 | 2.882,8 | 2.887,7 | 2.892,6 | 2.897,5 | 2.902,4 |
| 640 | 2.907,3 | 2.912,2 | 2.917,1 | 2.922,0 | 2.926,9 | 2.931,8 | 2.936,7 | 2.941,6 | 2.946,5 | 2.951,5 |
| 650 | 2.956,4 | 2.961,3 | 2.966,2 | 2.971,1 | 2.976,0 | 2.980,9 | 2.985,9 | 2.990,8 | 2.995,7 | 3.000,7 |
| 660 | 3.005,6 | 3.010,5 | 3.015,4 | 3.020,4 | 3.025,3 | 3.030,2 | 3.035,2 | 3.040,1 | 3.045,0 | 3.050,0 |
| 670 | 3.054,9 | 3.059,8 | 3.064,8 | 3.069,7 | 3.074,7 | 3.079,6 | 3.084,5 | 3.089,5 | 3.094,4 | 3.099,4 |
| 680 | 3.104,3 | 3.109,3 | 3.114,2 | 3.119,2 | 3.124,1 | 3.129,1 | 3.134,0 | 3.139,0 | 3.143,9 | 3.148,9 |
| 690 | 3.153,9 | 3.158,8 | 3.163,8 | 3.168,7 | 3.173,7 | 3.178,7 | 3.183,6 | 3.188,6 | 3.193,6 | 3.198,5 |
| 700 | 3.203,5 | 3.208,5 | 3.213,5 | 3.218,4 | 3.223,4 | 3.228,4 | 3.233,4 | 3.238,3 | 3.243,3 | 3.248,3 |
| 710 | 3.253,3 | 3.258,3 | 3.263,3 | 3.268,2 | 3.273,2 | 3.278,2 | 3.283,2 | 3.288,2 | 3.293,2 | 3.298,2 |
| 720 | 3.303,2 | 3.308,2 | 3.313,2 | 3.318,2 | 3.323,1 | 3.328,1 | 3.333,1 | 3.338,1 | 3.343,1 | 3.348,2 |
| 730 | 3.353,2 | 3.358,2 | 3.363,2 | 3.368,2 | 3.373,2 | 3.378,2 | 3.383,2 | 3.388,2 | 3.393,2 | 3.398,2 |
| 740 | 3.403,3 | 3.408,3 | 3.413,3 | 3.418,3 | 3.423,3 | 3.428,4 | 3.433,4 | 3.438,4 | 3.443,4 | 3.448,5 |
| 750 | 3.453,5 | 3.458,5 | 3.463,5 | 3.468,6 | 3.473,6 | 3.478,6 | 3.483,7 | 3.488,7 | 3.493,7 | 3.498,8 |
| 760 | 3.503,8 | 3.508,9 | 3.513,9 | 3.518,9 | 3.524,0 | 3.529,0 | 3.534,1 | 3.539,1 | 3.544,2 | 3.549,2 |
| 770 | 3.554,3 | 3.559,3 | 3.564,4 | 3.569,4 | 3.574,5 | 3.579,5 | 3.584,6 | 3.589,6 | 3.594,7 | 3.599,7 |
| 780 | 3.604,8 | 3.609,9 | 3.614,9 | 3.620,0 | 3.625,1 | 3.630,1 | 3.635,2 | 3.640,3 | 3.645,3 | 3.650,4 |
| 790 | 3.655,5 | 3.660,6 | 3.665,6 | 3.670,7 | 3.675,8 | 3.680,9 | 3.685,9 | 3.691,0 | 3.696,1 | 3.701,2 |
| 800 | 3.706,3 | 3.711,3 | 3.716,4 | 3.721,5 | 3.726,6 | 3.731,7 | 3.736,8 | 3.741,9 | 3.747,0 | 3.752,1 |
| 810 | 3.757,2 | 3.762,3 | 3.767,3 | 3.772,4 | 3.777,5 | 3.782,6 | 3.787,7 | 3.792,8 | 3.798,0 | 3.803,1 |
| 820 | 3.808,2 | 3.813,3 | 3.818,4 | 3.823,5 | 3.828,6 | 3.833,7 |         |         |         |         |



*[Handwritten Signature]*  
Luis Asenjo G.  
Jefe de Metrología



# Metrotest

E.I.R.L.

## LABORATORIO DE METROLOGÍA

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

#### CFM - 264- 2019

Pag. 1 de 5

Solicitante: SLC INGENIEROS S.A.C.

Dirección: AV. VELASCO ASTETE NRO. 216 DPTO. 2 URB. MARISCAL CASTILLA (ALTURA PUERTA 2 DEL PENTAGONITO) LIMA - LIMA - SAN BORJA

Tipo: ANILLO DE CARGA

Marca: NO INDICA

Modelo : NO INDICA

Serie Anillo: NO INDICA

Código: CM-778 (\*)

Reloj Comparador / Dial : ELE INTERNATIONAL

Modelo: 88-4000

Serie: 091199699

Resolución: 0,001 in

Patron Utilizado: **Celda de Carga Tipo "S"**

Trazabilidad: **INF-LE 006-19B PUCP**

Fecha de emision: **2019-11-23**

Fecha Calibracion: **2019-11-22**

Procedimiento de Calibracion:  
Se empleo el procedimiento de acuerdo con la Norma ASTM E 4 "Standard Practices for Force Verification of Testina Machines".

#### RESULTADOS DE CALIBRACION

| Lectura<br>Unidades. | Lecturas (kgf) |         |         | Promedio | Repetibilidad |
|----------------------|----------------|---------|---------|----------|---------------|
|                      | L1             | L2      | L3      |          |               |
| 0                    | 0              | 0       | 0       | 0        | 0             |
| 100                  | 429,7          | 431,7   | 428,2   | 429,9    | 0,81          |
| 200                  | 872,4          | 866,5   | 865,5   | 868,1    | 0,79          |
| 290                  | 1.302,8        | 1.298,1 | 1.301,3 | 1.300,7  | 0,36          |
| 390                  | 1.729,4        | 1.726,8 | 1.736,0 | 1.730,7  | 0,53          |
| 480                  | 2.173,4        | 2.161,3 | 2.169,0 | 2.167,9  | 0,56          |
| 570                  | 2.587,9        | 2.582,6 | 2.590,1 | 2.586,9  | 0,29          |
| 650                  | 2.990,7        | 2.989,6 | 2.986,1 | 2.988,8  | 0,15          |
| 740                  | 3.427,1        | 3.426,5 | 3.423,6 | 3.425,7  | 0,10          |
| 820                  | 3.831,8        | 3.833,6 | 3.832,7 | 3.832,7  | 0,05          |



X   
Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología

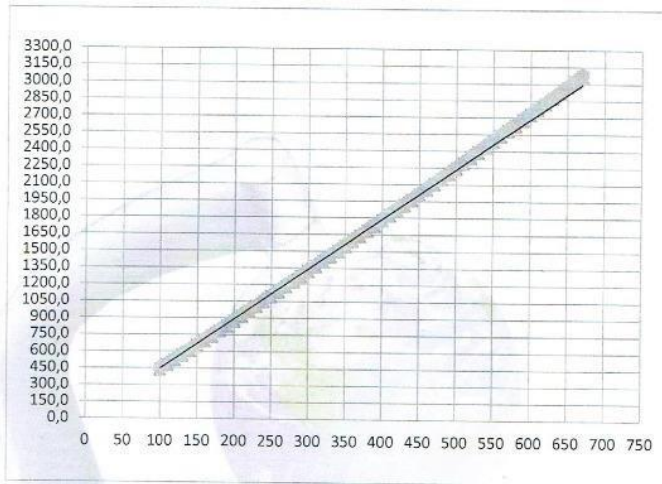




# Metrotest

E.I.R.L.  
LABORATORIO DE METROLOGÍA

CFM - 264- 2019  
Pág. 4 de 5



#### TRAZABILIDAD:

La empresa METROTEST EIRL, asegura el mantenimiento y la trazabilidad de los patrones de trabajo utilizados en las mediciones, los cuales han sido calibrados, certificados y comparados, La cual cuenta con trazabilidad vigente.

Luigi Asenjo G.  
Jefe de Metrología





# Metrotest

E.I.R.L.


## LABORATORIO DE METROLOGÍA

CFM - 264-2019

Pág. 5 de 5

### OBSERVACIONES.

1. Los informes de calibración sin las firmas no tienen validez.
  2. El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre dos verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso.
- A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos
3. "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (ISO 7500-1).
  4. Este informe expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
  5. Los resultados contenidos parcialmente en este informe se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.



Luigi Aseño G.  
Jefe de Metrología

