



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Correlación entre el CBR y el PDC en la determinación de la resistencia del  
suelo en la localidad de Moche

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

Ingeniera Civil

**AUTORAS:**

Bazán Galarreta, Anghela Michelly (ORCID: 0000-0002-1517-9010)

Prado Holguín, Khristy Sharis (ORCID: 0000-0002-1694-5434)

**ASESOR:**

Mg. Horna Araujo, Luis Alberto (ORCID: 0000-0002-3674-9617)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**TRUJILLO - PERÚ**

2020

## **DEDICATORIA**

A Dios por darnos vida y fortaleza, para poder lograr nuestras metas, ayudándonos en nuestra formación personal y profesional.

A nuestra familia, por brindarnos su apoyo incondicional a lo largo de este proceso, fruto de su esfuerzo se ve reflejado en nosotros el resultado.

A nuestros docentes universitarios, por compartirnos sus conocimientos y por cada uno de sus consejos, gracias a ello debemos mucho de lo logrado hasta ahora.

Bazán Galarreta, Anghela Michelly  
Prado Holguín, Khristy Sharis

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecemos a Dios por permitirnos dar este paso tan importante en nuestra vida profesional, logrando de esta manera concluir uno de nuestros más grandes sueños, del mismo modo, agradecemos a nuestra familia por brindarnos su apoyo incondicional, siendo ellos nuestra inspiración día con día.

Finalmente, inmensas gracias a nuestra casa de estudios por acogernos durante estos cinco años y a nuestros docentes universitarios quienes fueron motor para lograr este sueño formativo.

Bazán Galarreta, Anghela Michelly

Prado Holguín, Khristy Sharis

## **PÁGINA DEL JURADO**

## Declaratoria de autenticidad

Nosotras, Anghela Michelly Bazán Galarreta Y Khristy Sharis Prado Holguín, estudiantes de la escuela profesional de Ingeniería Civil de la facultad de Ingeniería de la Universidad César Vallejo, identificados con DNI N° 72904115 y 77415275; a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grado y Títulos de la Universidad César Vallejo, declaramos bajo juramento que la presente Tesis es de nuestra autoría y que toda la documentación, datos e información que en ella se presenta es verás y auténtica.

En tal sentido, asumimos la responsabilidad que corresponda ante la facultad, ocultamiento u omisión tanto del contenido de la Tesis como la información adicional aportada, por lo cual nos someteremos a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.



.....  
Anghela Michelly Bazán Galarreta



.....  
Khristy Sharis Prado Holguín

## Índice

Carátula .....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Página del jurado .....	iv
Declaratoria de autenticidad .....	v
Índice .....	vi
RESUMEN .....	vii
ABSTRACT .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MÉTODO.....</b>	<b>19</b>
2.1. Diseño de investigación.....	19
2.2. Variables.....	20
2.3. Operacionalización .....	20
2.4. Población y muestra .....	22
2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos .....	22
2.6. Método de análisis de datos.....	23
2.7. Aspectos éticos .....	23
<b>III. RESULTADOS .....</b>	<b>24</b>
<b>IV. DISCUSIÓN .....</b>	<b>41</b>
<b>V. CONCLUSIONES .....</b>	<b>42</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>44</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>48</b>

## RESUMEN

En este proyecto de investigación se ejecutaron las tareas necesarias para determinar la correlación entre los ensayos de C.B.R. (California Bearing Ratio) y de P.D.C. (Penetrómetro Dinámico de Cono), por consiguiente, se estudiaron y compararon los resultados que se obtuvieron a través de la ejecución de ambos métodos.

Las muestras fueron obtenidas de la localidad de Moche, de la provincia de Trujillo departamento de La Libertad, en donde se realizó 06 calicatas, desarrollando el estudio de C.B.R. en laboratorio y el de P.D.C. in situ.

Se podría afirmar que de las excavaciones en el suelo se puede obtener muestras alteradas como también muestras inalteradas, ya que estas nos sirvieron para obtener resultados en laboratorio y en campo. Las calicatas a excavar generalmente son de un metro de ancho por metro de largo; pero debemos de agregarle unos centímetros más para que el personal pueda trabajar adecuadamente en el ensayo. (Carrasco, 2016)

Después de haber extraído las muestras de la ciudad de Moche, continuamos con los ensayos de contenido de humedad, granulometría y límites de consistencia, estos estudios previos son fundamentales para conocer las características físicas del terreno, así también como su clasificación, para después poder conocer los valores del C.B.R y P.D.C que conseguimos de los respectivos ensayos.

El estudio de proctor modificado, se realizó para conocer y encontrar el porcentaje de humedad óptima, ayudando con la comparación respecto a la humedad natural. De esta manera podemos hallar los criterios de diseño.

El ensayo del C.B.R. y el P.D.C., nos dio a conocer la resistencia de nuestros suelos, establecer comparaciones, relacionar resultados, ejecutar la fórmula correlacional y ampliar el criterio de diseño de estructuras en pavimentos, para la ejecución de obras a futuro en la ciudad de Moche.

El proyecto nos dio a conocer que el Penetrómetro Dinámico de Cono es un equipo ligero, manejable, fácil de trasportar, no destructivo, que puede ser utilizado en lugares inaccesibles, y su aplicación se da en forma muy eficaz además de económica para realizar estudios de suelo.

**Palabras claves:** Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), California Bearing Ratio (CBR), Resistencia del suelo.

## ABSTRACT

In this research project, the necessary tasks were carried out to determine the correlation between the C.B.R. (California Bearing Ratio) and P.D.C. (Dynamic Cone Penetrometer), therefore, the results obtained through the execution of both methods were studied and compared.

The samples were obtained from the town of Moche, in the province of Trujillo, department of La Libertad, where 06 pits were made, developing the study by C.B.R. in laboratory and that of P.D.C. in situ.

It could be affirmed that altered samples as well as undisturbed samples can be obtained from excavations in the ground, since these helped us to obtain results in the laboratory and in the field. The pits to be excavated are generally one meter wide by one meter long; but we must add a few more centimeters so that the staff can work properly on the test. (Carrasco, 2016)

After having extracted the samples from the city of Moche, we continue with the tests of moisture content, granulometry and consistency limits, these previous studies are essential to know the physical characteristics of the land, as well as its classification, so that later we can know the CBR and PDC values that we obtained from the respective tests.

The modified proctor study was carried out to know and find the optimum humidity percentage, helping with the comparison with respect to natural humidity. In this way we can find the design criteria.

The C.B.R. and the P.D.C., made us aware of the resistance of our soils, establish comparisons, relate results, execute the correlational formula and expand the criteria for the design of pavement structures, for the execution of future works in the city of Moche.

The project made known to us that the Dynamic Cone Penetrometer is a light, handy, easy to transport, non-destructive equipment that can be used in inaccessible places, and its application is very efficient as well as economical to carry out studies of floor.

**Keywords:** Dynamic Cone Penetrometer (PDC), California Bearing Ratio (CBR), Ground resistance.



## I. INTRODUCCIÓN

Hoy en día, en el mundo de la ingeniería, es de vital importancia el estudio de suelos, por medio de equipos de diferente modalidad, ya sea en campo o gabinete se busca conocer el estado y la clasificación de nuestros pavimentos, de tal manera, según el resultado, se opta por la rehabilitación o mantenimiento del suelo. Siendo este estudio fundamental para el desarrollo de un proyecto civil.

Lamentablemente, en diversas obras civiles, no se realiza un estudio de suelos apropiado y tampoco una evaluación de la resistencia del terreno de soporte.

Pero es fundamentalmente importante la determinación de la resistencia de la subrasante, es actualmente, factor importante y fundamental para la ejecución de algún proyecto.

El desarrollo del proyecto se ha realizado por diversos métodos y aplicación de equipos de laboratorio, ya que se tiene el propósito de conocer y determinar las características físicas y mecánicas del paquete estructural en el suelo de Moche.

El Distrito de Moche se encuentra ubicado al Sur del Distrito de Trujillo y al Norte del distrito de Salaverry. Moche es una zona con cultura e historia, tiene campos de agricultura para la subsistencia y el negocio, pero también, esta ciudad se ha desarrollado a través de invasiones convirtiendo terrenos agrícolas en zonas urbanas. El principal cambio ha sido el incremento de la sección de las calles, hecho que causó una total metamorfosis de la ciudad, estas construcciones las realizaban los mismos pobladores, sin un estudio previo. Hoy en día, en la localidad de Moche se observa construcciones de todo tipo, y se cree que en un gran porcentaje, estas obras ya sean viales o estructurales no tienen un estudio apropiado de suelos ni tampoco cuentan con una evaluación de resistencia.

Teniendo en cuenta la problemática mencionada anteriormente; nos planteamos la necesidad de realizar un estudio para poder determinar la resistencia del suelo de la localidad de Moche. Tradicionalmente para hallar la resistencia se usa el método conocido como C.B.R. (California Bearing Ratio), definido como uno de los ensayos de mayor aplicación en el mundo de la ingeniería. A través de este ensayo podemos conocer el comportamiento mecánico de un suelo. Esta prueba mide la resistencia al esfuerzo cortante, tratando fundamentalmente de compactar un suelo con óptima humedad en modelos normalizados, ejerciendo la acción del golpeteo de un pistón normalizado en la

muestra.

Por otro lado, el C.B.R., es muy utilizado para el estudio de correlación con otras pruebas de resistencia como el P.D.C. (Penetrómetro Dinámico de Cono), el cual es una herramienta que sirve para conocer el nivel de compactación, la capacidad de carga y la resistencia mecánica del suelo. Este equipo es muy usado en la evaluación de cimentaciones superficiales del pavimento, siendo los suelos más comunes los de grano fino y blando. Esta prueba, no está normada en Perú, pero es utilizada en el plano internacional, sin embargo, en nuestro país hay investigadores que han aplicado este estudio, compartiendo la eficacia del ensayo.

Con la aplicación del ensayo de C.B.R. y de P.D.C. se determinó la resistencia del suelo, el cual varía de acuerdo al equipo utilizado.

Finalmente, a través de los resultados obtenidos del estudio aplicado en la localidad de Moche, se realizó las respectivas comparaciones del C.B.R. conseguido al 95% del ensayo en laboratorio, referente a la estimación del nuevo valor de C.B.R. alcanzado por medio del P.D.C. de la prueba en campo, de esta manera se pudo determinar el modelo de correlación, el cual nos indica la relación entre las dos variables de resistencia que obtuvimos a través de los métodos de C.B.R. y P.D.C.

Este proyecto ya fue abordado por otros investigadores, quienes realizaron y ejecutaron estudios similares al tema, dejando de esta manera, base para nuevas pruebas.

Internacionalmente podemos mencionar a distintos autores, que nos han brindado sus aportes referentes al tema.

Osorio, Casas (2011), en su estudio titulado “Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba”, tuvo como objetivo hallar la correlación del P.D.C. y C.B.R. en los suelos en la ciudad de Suba, posteriormente realizar una comparación de la correlación resultante con la ecuación seleccionada del manual “Description and application of dual mass dynamic cone penetrometer - US Army Corps of Engineers”, donde se aplicó realizar una estimación de la capacidad portante del terreno en la localidad de Bogotá D.C. (Colombia).

Esta aplicación del estudio se realizó en una zona específica de la ciudad, con el propósito de encontrar datos base in situ y resultados de laboratorios requeridos para hallar la

correlación.

A través de los datos recogidos in situ de P.D.C. y los datos resultantes del C.B.R. laboratorio de diferentes estudios del estrato de suelo para las siguientes obras de vías en la ciudad de Suba, se estableció una línea de tendencia respecto a los números obtenidos de los golpes de P.D.C. y el C.B.R. con el propósito de comparar esta tendencia con la gráfica de ecuación que se encuentra en el manual del “US Army Corps of Engineers”.

Los efectos fueron los siguientes: Los valores C.B.R. determinados son mínimos a la correlación que se obtuvo exclusivamente a la ciudad de Suba respecto a los datos resultantes C.B.R. referente a la ecuación del “US Army Corps of Engineers, por lo tanto, es notable que existe un margen de error enorme en el instante de optar por el C.B.R. del diseño para realizar el pavimento. Concluyendo que, no resulta factible emplear esta ecuación del “US Army Corps of Engineers” en terrenos de Colombia, porque los resultados logrados por la correlación P.D.C. respecto al C.B.R. puede que no represente de manera adecuada el comportamiento y la capacidad de soporte del suelo. Sin embargo, se considera recomendable calcular una ecuación por zona del país, con una cantidad adicional de datos, análisis y estudio, para poder tener un alcance veraz, demostrando la confiabilidad en el futuro del uso del P.D.C. para el estudio de suelos para pavimentos.

Por otro lado, Paucar (2012), en su proyecto llamado “Determinación de la ecuación de correlación entre los ensayos C.B.R. de laboratorio y P.D.C. in situ para los tipos de suelos de la subrasante de la vía Riobamba-Alausí” nos dice que, la capacidad portante de la subrasante se determinó por medio de la correlación del ensayo P.D.C. en campo con el C.B.R. de laboratorio aplicado en la vía Riobamba-Alausí. Se trabajó con 2 tramos de aproximadamente 95km, en el primer tramo en estudio se encontró una capa uniforme de arena limosa (mezcla de arena y limo) con una capacidad de carga entre alta - media, y una compactibilidad media de color amarillo; por otro lado, en el segundo tramo se encontró un suelo tipo ML (limos inorgánicos) de baja compresibilidad, con una capacidad de carga de media-baja y una mala compactibilidad de color verde.

De esta manera, se determinó la ecuación de correlación entre los resultados de P.D.C. y C.B.R., dicha ecuación puede ser base para hallar eficazmente el C.B.R. de diseño.

Concluyendo que, el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono nos ofrece de manera eficaz,

rápida y fácil hallar las propiedades mecánicas del suelo. Los resultados obtenidos del C.B.R. de laboratorio son muy similares a los obtenidos del C.B.R. determinado por el P.D.C., teniendo algunas variaciones por la presencia de humedad, ya que un ensayo fue aplicado in situ y el otro en laboratorio.

La ecuación hallada es una alternativa eficaz para el cálculo del C.B.R. de diseño, evitándose realizar este proceso de C.B.R. en laboratorio, por ende se estableció medidas de resistencia del terreno con un margen de fiabilidad apta siendo apto para aplicación en el diseño de pavimentos y obras civiles.

Sin embargo, Angamarca (2013), en su trabajo de investigación llamado “Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito” nos explica que el fin de su investigación fue brindar medidas reales de soporte - carga y resistencia del suelo en subrasante, para poder obtener correctos y efectivos diseños de pavimentos flexibles. De esta manera, se logró comparar datos de referencia de D.C.P. de la NORMA D 6951-03 con la base de datos conseguidos en campo y laboratorio aplicados en la ciudad de Quito.

Fundamentalmente se obtuvo correlaciones entre distintas propiedades de los suelos finos del Distrito Metropolitano de Quito, y su seguida aplicación al diseño de pavimentos flexibles en las vías importantes.

Se concluyó entonces que la comparación fue todo un éxito, se pudo obtener una confiable fuente que sirve de apoyo para ser adaptada en futuros diseños de pavimentos flexibles de manera técnica, veras y sencilla, por otro lado, se garantizó las condiciones de comodidad, economía y seguridad.

En antecedentes nacionales, es importante mencionar a los investigadores Llanos, Reyes (2017), quienes en su estudio denominado “Estudio comparativo de los ensayos CALIFORNIA BEARING RATIO (C.B.R.) de laboratorio y PENETRACIÓN DINÁMICA DE CONO (P.D.C.) en la localidad de Pícsi” nos dicen que se tuvo por finalidad establecer la confiabilidad y veracidad de los resultados estudiados de las pruebas del Penetrómetro Dinámico de Cono (P.D.C.) aplicado in situ de la subrasante con respecto

al California Bearing Ratio (C.B.R.) de diseño en laboratorio, aplicado en las vías de estudio de la ciudad de Pícsi. A través de los resultados derivados de la aplicación de los ensayos, se determinó una gráfica en MS Excel que constaba de un gráfico con una regresión polinómica para poder calcular la ecuación de correlación.

Siendo esta ecuación lo que permitió evaluar y estimar el valor C.B.R. laboratorio de diseño para los distintos tipos de suelos de la localidad. Concluyendo que, se comprobó la eficacia y confiabilidad del ensayo, a través del P.D.C. en campo se determina datos C.B.R. laboratorio de manera ligera, económica y sencilla, creando medidas de resistencia del suelo en estudio con fiabilidad y veracidad aceptable.

También, Injante (2012), en su tesis titulada “Resistencia in situ de subrasante utilizando penetrometro dinamico de cono en la ciudad de Ica” nos presenta por finalidad, determinar la fiabilidad de los valores de C.B.R. in situ de la subrasante en los pavimentos viales en la ciudad de Ica economizando los costos aplicando el P.D.C.

La investigación se aplicó ensayando suelos en estado original de 12 distritos de la Provincia de Ica aplicando el P.D.C. determinando de esta manera el Número P.D.C. (mm/golpe), por otro lado, también se ensayó el estudio C.B.R. en laboratorio de las mismas muestras de suelo recogidas de los distritos, todo ello se sujeta de la norma vigente. Seguidamente se calculó la correlación a través de una ecuación por Distrito, y también, se determinó una ecuación general con todos los datos recogidos del estudio. Dichas ecuaciones permitieron calcular el valor de C.B.R. in situ, obteniendo valores de gran proximidad al valor natural C.B.R. El resultado final del estudio, demuestra la veracidad en absoluto, ya que se tuvo más acercamiento y precisión que algunos resultados de autores como Kley (1973) del Cuerpo de Ingenieros de USA o también, el de Carlos Tupia Córdova en una investigación desarrollada en el Perú.

Y, Araujo (2014), en su tesis “Ecuaciones de correlación del C.B.R. con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura” nos dice que se planteó por objetivo, proyectar un estilo selectivo para la combatividad del desafío del C.B.R. de programa a través de similitudes con haciendas índice y de compactación del terreno. Para ello, se correlaciono los elementos del CBR de laboratorio en clase remoldada y saturada cerca de nueve

parámetros del terreno, se utilizó igualmente los datos históricos de los últimos 10 años de un laboratorio de Piura, y se usó la correlación lineal simple y la múltiple. Los efectos finales expresan que el contenido de grava y el contenido de humedad óptimo tienen una aceptable semejanza lineal elemental con el CBR ( $R= 0.84$  y  $0.81$  respectivamente). Y la máxima densidad óptima y el contenido de carga son proporcionales al CBR, pero el contenido de arcillas, de limos y arena, los límites de seguridad y el contenido de humedad no son proporcionales. En conclusión se demostró que la igualdad diferente es máxima que la simple, eso quiere decir que ninguna medida determinada de manera individual es concluyente para hallar el C.B.R.

Finalmente, en el ámbito local tenemos estudios relacionados, como es el caso de Espínola y Gavidia (2017), en su proyecto de investigación “Análisis técnico de las bases granulares existentes aplicando el método C.B.R. in situ y C.B.R. de laboratorio en el sector Gran Chimú, El Porvenir” tuvo como objetivo, ejecutar un estudio técnico de las bases granulares que existen en las vías de Gran Chimú en el distrito El Porvenir, con el fin de conseguir un diseño aceptable en las bases, sub bases y sub rasantes de las estructuras viales en la localidad.

Se estudió la subrasante, a través del ensayo de C.B.R. en campo (Normas ASTM 1883) y de C.B.R. de laboratorio (Norma Técnica Peruana C - 010).

Con los resultados obtenidos, se formuló los cuadros comparativos de C.B.R, analizándolos por medio de gráficos, efectuando de esta manera el análisis comparativo.

Por ende, se llega a la conclusión de que existe diferencia mínima entre ambos ensayos. Se puede apreciar que el C.B.R. in situ resulta más eficaz en ejecución debido a que se realiza de manera directa, y todo lo contrario para el C.B.R. de laboratorio, el cual pasa por una serie de procesos para llegar al resultado.

Así mismo, el desarrollo del presente estudio se sustenta en aspectos teóricos y definiciones básicas.

- Mecánica de suelos: Es el estudio de la mecánica y la hidráulica a las dificultades de ingeniería que tratan con residuos no consolidados de partículas sólidas. (Hoyos, 2001, p. 126)

- Muestra: Según (MTC, 2009, p. 10), son materiales que se obtuvieron, de la naturaleza, los cuales se reducen a tamaños y estratos representativos. Por otro lado, según (Hoyos, 2001, p. 132), solamente es una porción de material que se usa para la determinación de propiedades y características de una totalidad.
- Suelos: Para Sowers-Sowers (1970), es todo no consolidado que se encuentra en el área terrenal y que puede alcanzar en su interior humedad, aire y materia organiza.
- Muestras de Suelo: Es una parte representativa de los pavimentos que se selecciona con la meta de alcanzar nueva precisa del mismo.
- SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos
- AASHTO: Asociación Americana de Oficiales Estatales de Carreteras y Transportación.
- ASTM: Sociedad Americana de Ensayo de Materiales Internacional.

Sin embargo, es importante también conocer los orígenes, conceptos, composición, proceso y aplicación de los métodos a ejecutar. En los años 90 nacen los equipos de penetración dinámica, exactamente Scala (1956) desarrolla el cono dinámico de penetración; posteriormente se realizan distintos estudios en campo por Livneh (1987), seguido por Kleyn (1973).

Flores et. al (2017), nos dice que, en Alemania en el S. XVII se creó un equipo muy similar al D.P.C., pero es en 1964 donde se normaliza este equipo con la norma DIN 4094. Por otro lado, en los Estados Unidos por la década de los 90 el D.C.P. causó revuelo, ya que empezó a utilizarse en el diseño de carreteras por el Minnesota Department of Transportation Office of Materials Research and Engineering. Sin embargo, en Sudáfrica el departamento de carreteras de Transvaal (1973) hizo uso del equipo con el objetivo de investigar el pavimento de la zona, y en 1975 se dan a conocer los resultados relativos obtenidos utilizando un cono de 30° y un cono de 60°. En 1982, Kleyn hizo un aporte de otro diseño de D.C.P., que estaba compuesto por una punta de cono de 60°, usando el martillo de 8 kg (17.6 lb) y una caída libre de 575 mm (22.6 in). Siendo este diseño finalmente adoptado por varios países en todo el mundo. Gracias a estos personajes que

fueron el pilar para realizar la evaluación de pavimentos, esta modalidad se fue difundiendo en Inglaterra, Canadá, Australia, Estados Unidos y Nueva Zelanda.

El Cono Dinámico de Penetración es un instrumento aplicado in situ, diseñado para medir y determinar fácilmente los valores de resistencia de la subrasante del pavimento, en este ensayo no es necesario realizar una excavación de gran profundidad, siendo ésta una gran ventaja para poder reducir los costos y disminuir los disturbios en circulación vial.

Es una prueba no destructiva aplicada en campo, que determina la infiltración dinámica por golpes a través de varias capas de los asfaltos, teniendo la capacidad de decidir el límite auxiliar del territorio común in situ. La aplicación de la prueba por P.D.C. se realiza considerando el tipo de suelo. Para suelos delicados (1 golpe), para pisos normales (5 golpes) y para materiales seguros (10 golpes). El P.D.C. se aplica en la identificación de tramos homogéneos, en la garantía de la productividad de los equipos de compactación, en la evaluación de un suelo plegable y en la solidez de sus taludes. Este equipo, no puede aplicarse en terrenos cementados, o con un gran porcentaje de agregados pétreos que contengan partículas excedentes a 50 mm. Núñez. (2014).

El ensayo de Penetración Dinámica de Cono (PDC) sirve para hallar la resistencia de suelos naturales inalterados, de esta manera se puede determinar las condiciones eficaces para la estructura completa del pavimento. Barrera et. al (2017). Por otro lado Viscarra. (2016), nos dice que el uso del P.D.C. es para evaluar la oposición del suelo y medir una estimación de C.B.R. en el campo. Este equipo determina la capacidad mecánica estructural de las capas del suelo, detecta simultáneamente el grado de heterogeneidad por sección y encuentra la uniformidad de compactación del material.

La penetración dinámica medida, es un componente de la resistencia de corte "in situ" en la estratigrafía del suelo, que representa un indicador en las propiedades del paquete estructural incluso hasta una profundidad de exploración determinada. Osorio, Casas. (2011).

El simple diseño resistente representa que el P.D.C. es preciso, rápido, fácil de usar, portátil, económico y verazmente apropiado para su aplicación en zonas donde el acceso sea complicado.



Gómez (2009), nos menciona que el resultado de la aplicación del PDC en campo, nos deriva a determinar un valor de CBR satisfactorio para correlacionarse. Este ensayo evalúa la resistencia in-situ de la muestra bajo las condiciones naturales del terreno en el momento de la aplicación de la prueba.

El P.D.C. se compone de piezas fundamentales, este equipo tiene una barra de acero de infiltración de 16 mm en medida. Para la parte inferior, un cono de acero endurecido a 60 grados y 20 mm de ancho. Este equipo se instala en la superficie mediante un mazo deslizante de 8 kg que alcanza una elevación de 575 mm. En la garantía de las lecturas, tiene un estándar de estimación agregado al instrumento por dos respaldos.

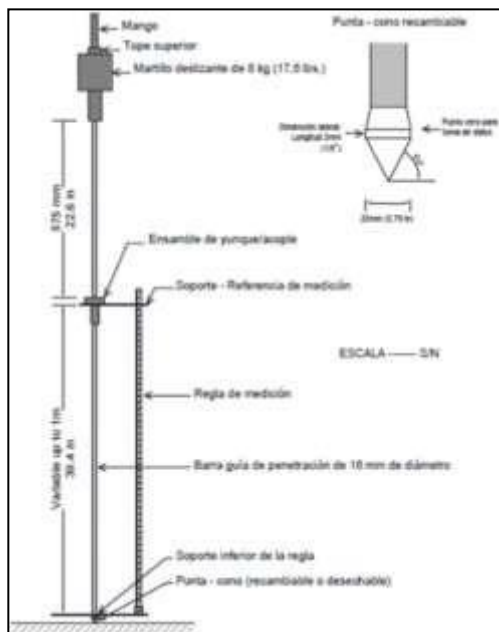
El dispositivo de infiltración tiene 3 cuerpos primarios, el estándar de estimación de profundidad establecido en centímetros y pulgadas, además la lanza de entrada y en la parte roscada se tiene un cono de acero solidificado con un borde de 60 °, asimismo, el pivote de guía, en el cual se introduce la caída libre montada debajo de un tope superior e inferior. Este ensayo no toma muestras y el funcionamiento es de manera básica y simple, entonces, una sonda con un extremo en de forma de cono penetra por medio de todas las capas del suelo en forma continua bajo la acción dinámica de una masa “m” que cae libremente desde una elevación “h”. Las dos siempre fijas y pre establecidas. Núñez. (2014).

En la zona ubicada, el dispositivo P.D.C. se coloca verticalmente en una dimensión del terreno donde está libre de piedras y elementos que bloquean la prueba. Esta técnica de P.D.C. requiere tres administradores, uno está a cargo de mantener el soporte de equipo verticalmente, el segundo recibe el golpe con el mazo y el tercero mide. La estrategia del P.D.C. es simple y rápida, primero verifique el buen estado del dispositivo, particularmente en las partes que pueden soportar el daño por fatiga, para realizar la prueba con el penetrómetro, el cono se presenta y se coloca 2 "en la segunda parte de velocidad, que él cree que es completo.

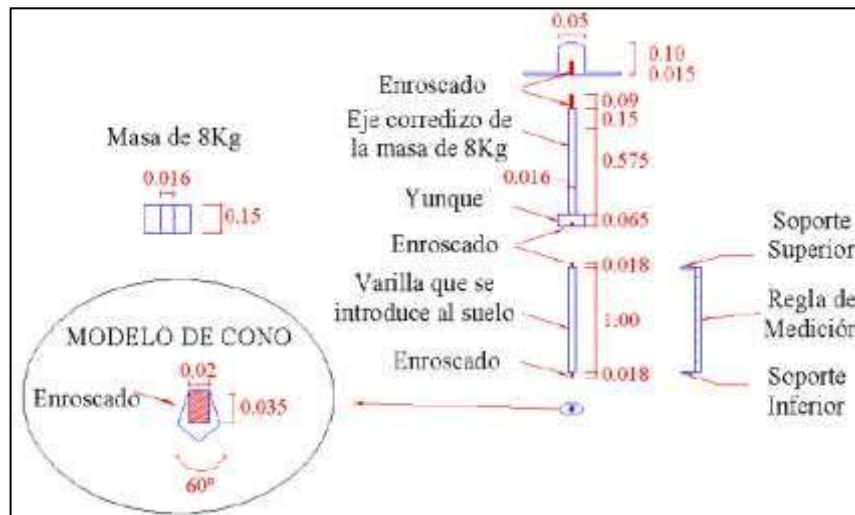
El procedimiento de golpeteo consiste en elevar hasta el punto más alto del pivote de evacuación y descargarlo (la parte superior no debe ser golpeada). Finalmente, a través de un diseño de apuntes, se anota, las mediciones que se registran de entrada, que demuestran la profundidad y resultados del equipo. Por otro lado, la ATSM dio a conocer una metodología estándar para la aplicación y uso del D.C.P. en pavimentos, con la nominación D 6951M – 09, en el cual se informa de la composición del D.C.P. de 8 Kg, compuesta por

una barra de acero de 15.8 mm (5/8 ") de distancia, con un vértice de cono dispensable, el polo superior contiene un peso de 8 kg. (17.6 lb), que se cae desde una altura de 575 mm (22.6") en la asociación entre la barra inferior y el polo superior conocido como el bloque de hierro, la barra inferior de 800 mm (31.5 ") tiene una punta en forma de embudo de inclinación dispensable de 60°, la plancha de herrería que une los dos polos tiene un marcador de profundidad o está graduada por una regla por cada 1 mm (0.04 ") a la base del cono (placa metálica que se navega a través de la barra inferior), la cual mantiene la base de la regla graduada y se refuerza superficialmente.

Se hace referencia a que, en caso de duda, todo el material está estructurado y construido con material de acero endurecido, excepto la punta reemplazable en forma de cono para la obstrucción por desgaste.



**Fig. 1:** Esquema del Equipo DCP (ASTM D-6951-09)



**Fig. 2:** Composición del equipo de Penetración Dinámica de Cono (PDC)

En los últimos 40 años, han existido distintos reportes de usos en trabajos desarrollados con el P.D.C. en varias partes del mundo.

La ASTM (American Society for Testing Materials) ha normalizado la utilización del P.D.C. con el nombre de “Estándar Test Method for Use Dynamic Cone Penetrometer in Shallow Pavement Applications” publicación con el número D-6951 (03) ASTM en Washington DC en el 2003, sin embargo, una versión más también se mostró en el 2009, esta adaptación se modificó, ya que se vio notables mejoras a la primera del 2003. A través del registro normado en los Estados Unidos de América, el equipo de P.D.C. se institucionalizó y se entregaron certificaciones al trabajo. A pesar de los sistemas para obtener resultados sólidos, no se decide que los nuevos informes de investigación que se completen en esta nación nos conducirán a otro cambio para reforzar y abordar algunos posibles errores que podrían encontrarse.

Actualmente en el Perú, se sigue buscando la normalización del uso del equipo de Penetración Dinámico de Cono (P.D.C), sin embargo hay se sabe que ya se han podido desarrollar trabajos con este equipo, y existen investigaciones sobre algunas experiencias, dando a conocer la utilidad, economía y versatilidad del ensayo. No obstante, procedemos con el deseo de que se incorpore dentro de las Normas Técnicas del Perú (NTP), como una prueba sólida para determinar la resistencia del suelo in situ.

La utilización del P.D.C. se percibe en general en informes especializados y en algunas

aplicaciones en campo. El Instituto de Desarrollo de Pavimentos del Perú (IDPP) en su primer concurso denominado "Actualización de Conocimientos en Pavimentos" hizo referencia a la nueva Guía AASHTO en el plan de estructuras en asfalto que se difundió el 14 de mayo de 2005, en la cual se sugiere la utilización del penetrómetro dinámico de cono (P.D.C.) queriendo difundir la eficacia del equipo, separándolo de otros equipos de penetración estandarizados en la nación.

El penetrómetro dinámico de cono, en estos días, no está estandarizado en Perú, sin embargo, es una necesidad y solicitud, la normalización de este equipo para su aplicación formal. Independientemente de tener la opción de estar en la institucionalización ASTM D 6951 (03), sin la normalización peruana se presenta problemas de validez en la aplicación por no encontrarse protegida por las Normas Técnicas del Perú (NTP).

Del mismo modo, debe subrayarse que entre los trabajos de la prueba P.D.C. es posible presentar algunas opciones de utilización, por ejemplo, el movimiento de vigilancia rápida del terreno, la confirmación de la productividad del equipo de compactación utilizado, la prueba distintiva de singularidades en una parte de las capas, el alcance de la conducta básica y la garantía de la C.B.R. de la subrasante. Osorio, Casas (2011)

En este sentido, es fundamental hacer referencia a la curva P.D.C. que forma parte de una descripción del avance de la penetración del dispositivo por medio de la estructura del asfalto en las profundidades. Tiene dos secciones, la primera son las ordenadas que demuestran las profundidades de hasta 800 mm (se encuentran en las aplicaciones de amplio límite de ayuda como bases y sub bases). Lo que, es más, seguro, si la abscisa es el número agregado de visitas para alcanzar estas profundidades. Cada capa homogénea del suelo asciende a una línea cuya inclinación se conoce como el archivo de entrada o número de P.D.C., mostrando una proporción de su oposición. Tupia, Alva. (2001).

El número PDC define la penetración del equipo por medio de una capa determinada, la cual es medida en mm/golpe. Osorio, Casas (2011).

Asimismo, deberíamos darnos cuenta de que, para el avance de una tarea específica, se seleccionan la clase y las medidas del tipo de cono que va a ser utilizado. Existen recuperables y no recuperables. En la posibilidad remota de que se use un cono recuperable, se debe encadenar hasta el final del enlace. Para esta situación, se necesitará más poder notable para rescatar el enlace con el cono en su extremo. En el momento en que

se utiliza un cono no recuperable, se cambia de acuerdo con el enlace sin una asociación de cadena. Hacia el final del sondeo, el enlace se expulsa a partir de la etapa más temprana, y el cono se pierde. Cuando todo está dicho, los conos tienen un punto de  $60^\circ$  en su sitio máximo y una distancia de 1.4 "- 1.5", ligeramente más prominente que la anchura de la tubería o polo, que es, en su mayor parte, 1".

Esta distinción en anchos proporciona una disminución de la desintegración lateral entre el piso y el enlace durante el procedimiento de golpeteo, considerando la vitalidad proporcionada al estimar la protección contra la penetración del cono situado en la punta. La pesadez del mazo se puede recoger ventajosamente y la caída libre se puede separar. En una empresa particular, la metodología de la prueba de penetración para una carga dada del mazo, una estatura específica de falla y una longitud de entrada particular, con las consecuencias de la prueba de penetración estándar, SPT, ejecutada en una zona más cercana. Cuando esté adquirida se ejecuta su ajuste. La revisión con entrada de cono dinámico, en numerosos puntos de forma permisible y rápida, complementa la investigación de la suciedad de una zona enorme. Osorio, Casas (2011).

Dos esquemas de prueba de P.D.C. entendidos son: medición de cono de acero = 1.4 ", cono no recuperable, distancia externa a través del enlace = 1", peso del martillo = 63.5 kg (140 Lb), altura de caída = 76.2 cm (30 "). La cantidad de golpes requeridos para conducir 30 cm este cono es prácticamente idéntica a la cantidad de golpes / pie, N, de la prueba de entrada estándar. Además, también tenemos la distancia a través del Cono de acero de  $60^\circ$  = 1.5 ", cono recuperable con hilo para acoplamiento a tubería de 1" de ancho exterior, peso del mazo = 18.1 kg (40 Lb) y una estatura de caída de 45.7 cm (18 "). La pequeñez de los suelos granulares puede evaluarse a partir de la cantidad de movimientos importantes para lograr una infiltración de 30.5 cm (1 pie), Nc. Para esta situación, la conexión que se ha creado (Parcher and Means, 1968)  $N = CNc$ , tiene un coeficiente  $C = 0.40 - 0.60$ , para Nc entre 25 - 50, y a  $C = 0.60 - 0.63$ , para Nc en algún lugar en el Rango de 50 y 80. Osorio, Casas (2011).

El método de PDC se encuentra apoyado con la normativa ASTM D6951 (Ensayo con el cono de Penetración Dinámico), ya que esta norma contiene detalladamente el proceso de ejecución, y así se estimó la resistencia CBR a través de una correlación apropiada.

En el uso del equipo PDC podemos mencionar algunas precauciones:

Colocar en vertical el instrumento durante todo el proceso. No realizar lecturas que sean mayores a la capacidad de la regla indicadora puesto que esto podría salir mal. Nunca jale al instrumento del anillo, siempre hágalo por la vara. Denoia y Giubileo (2008).

Retirar de la sub rasante de manera rápida y eficaz el instrumento de PDC, golpear el martillo de 8 kg. de abajo hacia arriba contra la pesa. Haciendo que el martillo de 8 kg. se levante de manera vertical, tenemos que realizar los golpes con sumo cuidado ya que la varilla se puede doblar o en otro caso romper. En suelos con dificultad se puede utilizar conos desechables, ya que nos ahorra que el equipo tenga un desgaste. Lacera (2006).

Por otro lado, es importante mencionar al método C.B.R, ensayo que es muy utilizado por su eficacia y por ser el más reconocido en el cálculo de correlaciones con otras pruebas. Manotoa (2016), nos dice que, se han ejecutado estudios con el DPC, y se ha logrado determinar correlaciones entre el penetrómetro DCP y el CBR, que son parámetros utilizados para diseños de estructuras de pavimentos.

Para obtener la correlación de manera sencilla entre las propiedades o pruebas realizadas, se usa métodos estadísticos que ya se conocen. Portilla, Pillajo (2001).

Este ensayo fue propuesto en 1929 por el departamento de carreteras de California. Desde esa fecha tanto en Europa como en América, el método C.B.R. se ha generalizado en su uso y es también, una forma de clasificación de un suelo para ser manipulado como sub-rasante en la construcción de vías. Por otro lado, es importante mencionar que durante la segunda guerra mundial, el cuerpo de ingenieros de los Estados Unidos acogió este ensayo para aplicarlo en la construcción de aeropuertos. Osorio, Casas (2011).

El C.B.R. (California Bearing Ratio - Relación de Soporte de California) calcula la tenacidad al corte del terreno en estudio, teniendo en cuenta las condiciones de humedad y

densidad registradas, asintiendo la obtención de un (%) de la relación de resistencia. Este porcentaje, está conceptualizado como la potencia necesaria para que un pistón normalizado se introduzca a una hondura definitiva, indicada en porcentaje de fuerza, lo cual es importante y necesario para que el pistón penetre a igual hondura y con igual velocidad, en una probeta normalizada formada por una muestra patrón de material fraccionado.

La prueba de California Bearing Ratio (CBR), es una técnica de diseño en suelos, el cual está vinculado con el valor del contenido portable del terreno a través del módulo resiliente del material. El módulo resiliente viene a ser, la medida que se usa en el diseño del pavimento; consiste en una representación del ascenso de la penetración del equipo en la estructura del pavimento en profundidades. Es por ello que, las ordenadas nos indican las profundidades, que suelen llegar hasta los 800 mm en aplicaciones de capacidad de soporte extensas como bases y sub-bases. Y en las abscisas nos permiten determinar el número acumulado de golpes con el propósito de alcanzar las mencionadas profundidades. Llanos, Reyes (2017).

El C.B.R. es directamente empleado para la evaluación de la resistencia permisible en materiales de sub rasante, sub base y base, incluyendo a los materiales reconsiderados para la aplicación en pavimentos de carreteras y pistas de aterrizaje. Amaya (2013).

De esta manera, mencionamos al valor de C.B.R., pieza fundamental en esta prueba, el cual es adquirido por el ensayo, y es parte integral de diversas técnicas de diseño en pavimentos flexibles. Además, igual de importante es la obtención del número de relación de soporte, el cual no es constante hacia un suelo proporcionado, pero se emplea sólo al estado en el cual se hallaba el suelo natural durante la prueba.

El C.B.R. se desarrolla a través del estudio de la aptitud relativa de suelos de sub rasante, algunos materiales de sub base y bases granulares, que dominen simplemente un fragmento pequeño de cantidad de la muestra de suelo que pasa a través del tamiz n° 50 mm, y posteriormente es retenido en el tamiz n° 20 mm. Sin embargo, es recomendable que la fracción no supere el 20%. El ensayo C.B.R. puede ejecutarse tanto en laboratorio como en terreno, pero la aplicación de este último no es muy practicado. Tradicionalmente el número C.B.R. se fundamenta en la proporción de carga para una penetración de 2,5 mm. (0,10"), no obstante, si el valor numeral de C.B.R. a una penetración de 5 mm. (0,20") es

superior, el ensayo se ve obligado a repetirse. Pero, si en un segundo ensayo realizado se produce reiteradamente un valor de C.B.R. que exceda los 5 mm de penetración, este valor será admitido como el único valor del ensayo. Se sabe también, que los ensayos CBR se realizan sobre muestras compactadas que deben tener un contenido de humedad recomendable, logrado a través del ensayo de compactación llamado proctor. Osorio, Casas (2011).

El número CBR básicamente es la relación de carga de una penetración de 2,54 mm (0.10”), no obstante, en el caso de que el valor de CBR sea mayor y esté a una penetración de 5.08 mm (0.20”), se debe tomar y aceptarse dicho valor como valor terminante de CBR. Barquero, Fernández (2000).

El ensayo de C.B.R. se ejecuta tradicionalmente en muestras compactadas con perfecto contenido de humedad para una muestra de terreno específico, este proceso se determina por medio del ensayo de compactación estándar o modificada de la prueba (PROCTOR). California Bearing Ratio se sustenta en tres ensayos, el valor de la densidad y humedad, la determinación de las propiedades expansivas del material y la evaluación de la resistencia a la penetración. Chang (2014).

El soporte del suelo de la sub-rasante tiene un importante rol en la determinación de la resistencia total en toda la estructura del terreno. Por ende, se deben de realizar ensayos de laboratorio, y uno de los más conocidos es, la Relación Soporte de California (CBR) utilizado para hallar la resistencia de los suelos típicos, dicho ensayo presenta también las condiciones reales probables de densidad y humedad óptima. RNE - CE.010 Pavimentos Urbanos (2009).

La aplicación del ensayo CBR, se sustenta en diversas normas, como la normativa ASTM D 1883-2009 CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR) - VALOR DE LA RELACIÓN DE SOPORTE, detalla el proceso del método CBR por el cual determinamos el índice de resistencia del suelo, el cual evalúa la capacidad de soporte del terreno de sub-rasante y de las capas de base y sub-base. Este ensayo, puede ser aplicado tanto en laboratorio como en campo.



También es importante mencionar a la norma, MTC E 132 CBR DE SUELOS (LABORATORIO), donde se describe la manera de aplicación del ensayo determinando el índice de resistencia que es conocido como California Bearing Ratio.

Y la NTP 339.145:1999 SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio, fuente que nos ayudó con la determinación de CBR en nuestro pavimento mediante el proceso planteado en la normativa. Mediante la norma mencionada nos dice que este ensayo, aparte de determinar el valor CBR de las muestras, también halla el óptimo rango de contenido de agua que se deriva de un ensayo de compactación.

De esta manera, conociendo aspectos fundamentales y teóricos del tema, se propone la formulación del problema, que está compuesta por la interrogante, **¿Cuál es el modelo de correlación entre el CBR y el PDC, en la determinación de la resistencia del suelo en la localidad de Moche?**.

El proyecto de investigación se justifica, en la aplicación del estudio a realizar, ya que nos permitirá conocer la resistencia del suelo en la localidad de Moche, de esta manera identificaremos la capacidad portante del terreno, determinado a través de las pruebas de laboratorio y campo ejecutadas, demostrando las características estratigráficas, y el soporte mecánico. También, podremos determinar la correlación entre el C.B.R. y el Penetrómetro Dinámico de Cono, a través de los resultados obtenidos, con el análisis de la correlación se podrá conocer la clasificación, el comportamiento del suelo, y sus características, permitiendo la comparación de los resultados del C.B.R. real, con la estimación a través del P.D.C. del C.B.R. de diseño determinado. De tal manera, que comprobaremos la eficacia del desarrollo del proyecto.

En Moche no se han conseguido registros de la prueba de Penetración Dinámica, pero es indiscutible que los ensayos in situ como el P.D.C. son muy requeridos en algunos lugares, internacionalmente y nacionalmente.

Por otro lado, en nuestro país, la Norma Técnica Peruana (NTP) acredita los métodos de confiabilidad para obtener algún valor de resistencia del terreno.

Sin embargo, se sabe bien que es importante mencionar a las normativas que avalan la validez de los estudios, el Reglamento Nacional De Edificaciones (RNE), CE.010 Pavimentos Urbanos define la técnica del C.B.R. de laboratorio con denominación NTP. 339.145-1999, ASTM D 1883-2009, MTC E 132-2000, AASHTO T 193-2003); sin embargo, el método P.D.C. no se encuentra normado en el Perú, pero si existen estudios realizados con este equipo, lamentablemente no hay validez ni respaldo por una Norma Peruana.

Sin embargo, internacionalmente contamos con una versión normada de la cual se ha comprobado la eficacia y gran aporte en la aplicación de ensayos de resistencia de manera formal, sosteniéndose en la norma ASTM D 6951 (03) de Estados Unidos de Norteamérica (mencionado en el RNE CE 010 en capítulo 3.00, ítem 3.2.1).

Con total veracidad, este estudio servirá para futuras pruebas que se realicen en base a los ensayos de C.B.R. y el Penetrómetro dinámico de cono (P.D.C).

Se eligió la prueba del P.D.C. para realizar la correlación con el C.B.R. porque existen equipos en Perú, y nos ofrece diversas ventajas al aplicar el uso de este equipo, como su bajo costo, reducción del impacto ambiental, es una prueba no destructiva, y es sostenible, en similitud con el ensayo California Bearing Ratio (C.B.R.) de laboratorio.

Formando base primordial y punto de inicio para ejecutar proyectos de mejora social y económica.

De este modo, se ha planteado la hipótesis de que ambos métodos de medición de la resistencia de suelo al ser correlacionados dan como resultado un modelo no lineal.

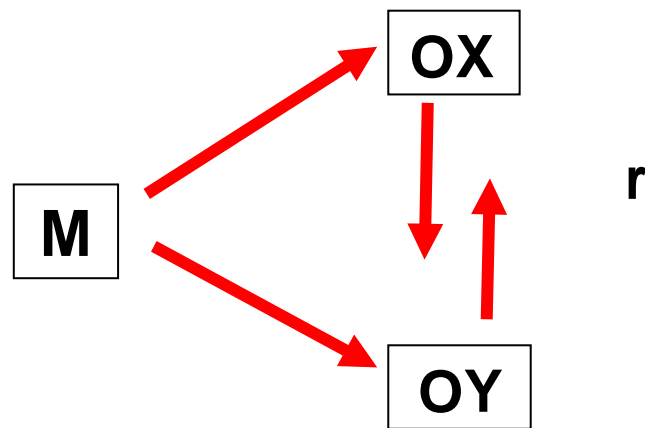
Además, se formuló como objetivo principal en esta investigación determinar el modelo de correlación entre el C.B.R. y el P.D.C., en la determinación de la resistencia del suelo de la localidad de Moche y como sus objetivos específicos tenemos: Ubicar e identificar las zonas de evaluación, determinar las propiedades físicas y la clasificación de los suelos bajo investigación, realizar el estudio C.B.R. en laboratorio de las muestras de suelo, realizar el estudio P.D.C. in situ de los suelos y finalmente comparar los resultados obtenidos con los métodos C.B.R. y P.D.C.

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de Investigación

En este proyecto su diseño de investigación a utilizar, es no experimental correlacional simple, ya que al realizar los ensayos de las muestras de suelo en el centro de investigación y también en campo, observando el fenómeno tal como se encuentre en su contexto natural, para tomar de muestra, analizarlos y obtener resultados, sin alterar las muestras naturales. Obtienen resultados, sin cambiar los ejemplos regulares. Hernández, Fernández, Baptista (2014).

**Fig. 3:** Relación Entre la Credibilidad y la Confianza



**Fuente:** Elaboración propia

**M:** Muestra

**OX:** Medición de resistencia a través del CBR

**OY:** Medición de resistencia a través del PDC

**R:** Relación de variable

## **2.2. Variables**

### **Variable**

Resistencia del Suelo

### **Definición conceptual**

Es un estudio prioritario y significativo para el desarrollo de construcciones civiles; esta prueba se puede determinar a través de distintos ensayos. Para la obtención de datos de la capacidad portante, el ensayo a aplicar es el C.B.R. en laboratorio, respecto al ensayo P.D.C. en campo, formando parámetros de resistencia del suelo estudiado por su confiabilidad en antecedentes y aplicable para el futuro diseño del pavimento.

### **Definición operacional**

La determinación de las propiedades de resistencia del terreno a través de los métodos del Penetrómetro Dinámico de Cono y C.B.R. in situ reúne las condiciones indicadas para obtener el valor de la capacidad portante del suelo.

## **2.3. Operacionalización**

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Resistencia del Suelo	La determinación de las propiedades de resistencia del terreno a través de los métodos del Penetrómetro Dinámico de Cono y C.B.R. in situ reúne las condiciones indicadas para obtener el valor de la capacidad portante del suelo.	Es un estudio prioritario y significativo para el desarrollo de construcciones civiles; esta prueba se puede determinar a través de distintos ensayos. Para la obtención de datos de la capacidad portante, el ensayo a aplicar es el C.B.R. en laboratorio, respecto al ensayo PDC in situ, estableciendo parámetros de resistencia del suelo estudiado por su confiabilidad en antecedentes y aplicable para el futuro diseño del pavimento.	California Bearing Ratio (CBR)	Porcentaje (%)	Cuantitativa de razón
			Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC)	Nº de Golpe	Cuantitativa de razón

**Cuadro 1:** Matriz de Operacionalización de variables

**Fuente:** Elaboración propia

## **2.4. Población y muestra**

### **2.4.1. Población:**

El suelo de estudio de la ciudad de Moche.

### **2.4.2. Muestra:**

6 muestras de suelo, las cuales se estudiaron a través de los ensayos de Penetración Dinámica de Cono (P.D.C) in situ y California Bearing Ratio (C.B.R) de laboratorio.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de recolección de datos**

### **2.5.1. Técnicas**

Observación: “La siguiente técnica permitió conocer cuáles son los datos cuantitativos, los comportamientos, sus características y cuáles son las distintas propiedades que presenta las muestras u objeto de estudio de esta investigación”

### **2.5.2. Instrumentos**

Guía de Observación

Se utilizó los formatos necesarios y requeridos para poder completar los datos según le corresponda cada tipo de ensayo que se realizará en laboratorio de mecánica de suelos en la Escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, para lograr el proyecto de investigación denominado “CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE”.

El control de calidad de los instrumentos se realizará solo en la guía de observación para la variable dependiente, por considerarse el único instrumento de medición.

Se elaborará un formato de recaudación de datos para los distintos ensayos.

### **2.5.3. Fuentes**

Reglamento Nacional De Edificaciones (R.N.E) C.E.010 Pavimentos Urbanos.

Norma técnica del ensayo C.B.R de laboratorio (N.T.P. 339.145-1999, A.S.T.M D 1883-2009, M.T.C E 132-2000, A.A.S.H.T.O T 193-2003.).

Norma técnica del ensayo P.D.C (Estados Unidos de Norteamérica con la Norma A.S.T.M D.6951- 03, Colombia con la Norma INV E172 2007).

Norma técnica de las propiedades de los suelos.

ASTM D 1883-2009.

AASHTO T 193-2003.

Libros de infraestructura vial

Repositorios de Tesis.

## **2.6. Método de análisis de datos**

Después del realizar los ensayos de C.B.R. en respectivo laboratorio y P.D.C. in situ para poder conocer cuál es la resistencia de suelo, se ejecutarán a través de una base de datos en el programa de Excel, para que así se pueda presentar los resultados a través de figuras estadísticas y tablas; los cual nos va a permitir realizar una comparación y hallar la correlación. Este estudio servirá de antecedente para futuros proyectos civiles en los de suelos de Moche.

## **2.7. Aspectos éticos**

En el presente proyecto de investigación se tiene en cuenta la ética profesional y la responsabilidad, respetando la propiedad intelectual, resultados que se obtuvieron, datos obtenidos bajo un proceso en campo, y análisis de cada ensayo respectivos. Nos hemos apoyado en la NORMA TECNICA PERUANA para el ensayo de C.B.R. y de la NORMA ASTM D-6951 (03).

### **III. RESULTADOS**

#### **3.1. Ubicación e identificación de las zonas de evaluación**

El reconocimiento se dio el día 16 de septiembre de 2019. Se observó áreas totalmente limpias y libres para ejecutar las excavaciones de nuestras 6 calicatas, las cuales están alrededor de la posta medica de Moche, por tal razón es que se decidió por esta zona. Los días de excavación fueron el día 28 de septiembre de 2019.

#### **3.2. Determinación de las propiedades físicas de los suelos bajo investigación**

##### Calicata N°01

- La muestra del suelo de la calicata N° 01 se clasificó a través del método SUCS en SP- SM (Arena mal graduada con limo), por el método AASHTO en A – 2-4 (0) (Excelente – bueno / Grava y arena limo arcillosa).

##### Calicata N°02

- La muestra del suelo de la calicata N° 02 se clasificó a través del método SUCS en SP- SM (Arena mal graduada con limo), por el método AASHTO en A – 1-b (0) (Excelente a bueno / Fragmentos de roca, grava y arena).

##### Calicata N°03

- La muestra del suelo de la calicata N° 03 se clasificó a través del método SUCS en SP- SM (Arena mal graduada con limo), por el método AASHTO en A – 2-4 (0) (Excelente – bueno / Grava y arena limo arcillosa).

##### Calicata N°04

- La muestra del suelo de la calicata N° 04 se clasificó a través del método SUCS en SP (Arena mal graduada), por el método AASHTO en A – 3 (0) (Excelente – bueno / Arena fina).



### Calicata N°05

- La muestra del suelo de la calicata N° 05 se clasificó a través del método SUCS en SP- SM (Arena mal graduada con limo), por el método AASHTO en A – 2-4 (0) (Excelente – bueno / Grava y arena limo arcillosa).

### Calicata N°06

- La muestra del suelo de la calicata N° 06 se clasificó a través del método SUCS en SP- SM (Arena mal graduada con limo), por el método ASHTO en A – 1-b (0) (Excelente a bueno / Fragmentos de roca, grava y arena).

Se muestra a continuación el resumen de las propiedades físicas halladas en las diferentes calicatas, así como su clasificación de las diferentes muestras de tierra de la localidad de Moche obtenidos del laboratorio en el área de Mecánica de Suelos y Materiales en la Facultad de Ingeniería Civil - Universidad Cesar Vallejo.

**Cuadro 2:** Propiedades físicas y su clasificación de las 6 calicatas

CALICATA		UBICACIÓN	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS							CLASIFICACIÓN	
N°	Estrato			CH%	Finos %	Arena %	Grava %	LL%	LP%	IP%	SUCS	AASHTO
C-1	E-1	MUESTRA 1	1.50 m	3.45	7.37	92.63	0.00	26	24	2	SP-SM	A-2-4 (0)
C-2	E-1	MUESTRA 2	1.50 m	1.83	7.14	92.86	0.00	26	25	1	SP-SM	A-1-b (0)
C-3	E-1	MUESTRA 3	1.50 m	2.56	6.52	93.48	0.00	38	35	3	SP-SM	A-2-4 (0)
C-4	E-1	MUESTRA 4	1.50 m	1.61	3.13	96.87	0.00	NP	NP	NP	SP	A-3 (0)
C-5	E-1	MUESTRA 5	1.50 m	1.97	5.11	94.89	0.00	27	26	1	SP-SM	A-2-4 (0)
C-6	E-1	MUESTRA 6	1.50 m	2.50	6.02	93.98	0.00	27	26	1	SP-SM	A-1-b (0)

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

### 3.3. Determinación del CBR de laboratorio de las muestras de suelo

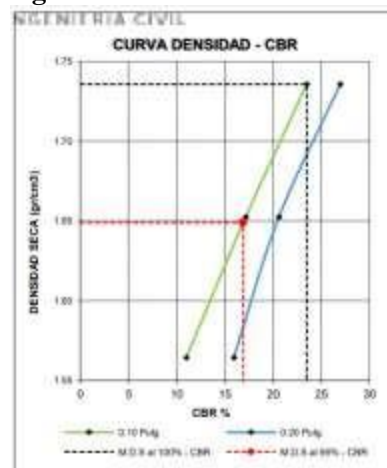
Posteriormente, se presentan resultados obtenidos por el método de CBR de la Calicata N°01

**Fig. 4:** Curva de penetración de 12, 25, 56 golpes



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Fig. 5:** Curva Densidad de CBR



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Cuadro 3:** Ensayo de CBR

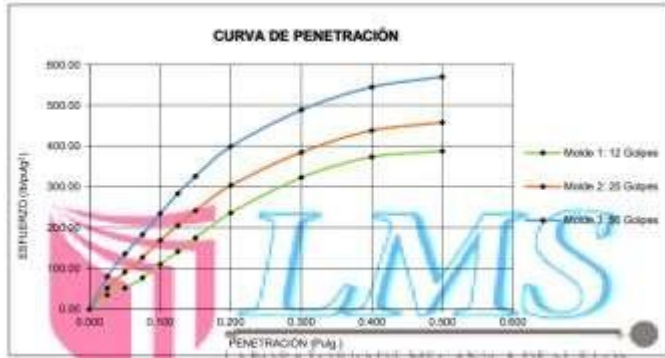
RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm <sup>3</sup> ) 1.736
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm <sup>3</sup> ) 1.649
Óptimo contenido de humedad	(%) 8.4
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)	23.48
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)	16.88

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad

- Se logró obtener las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad – CBR de la calicata N° 01, los resultados obtenidos del CBR al porcentaje de 95 de su más alta densidad seca es 16.88% de 0.1 pulgadas de penetración teniendo como resultante a esta como la más perjudicial, también tiene la más alta densidad seca es 1.736 g/cm<sup>3</sup> teniendo el resultado del contenido de humedad óptimo del 8.40%.

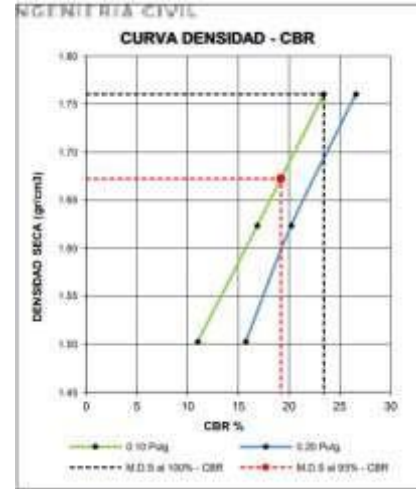
Posteriormente, se presentan resultados obtenidos por el método de CBR de la Calicata N°02

**Fig. 6:** Curva de penetración de 12, 25, 56 golpes



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales – LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Fig.7:** Curva Densidad de CBR



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Cuadro 4:** Ensayo de CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm3) 1.76
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm3) 1.672
Óptimo contenido de humedad	(%) 8.31
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 23.43
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 19.21

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad

- Se logró obtener las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad – CBR de la calicata N° 02, los resultados obtenidos del CBR al porcentaje de 95 de su más alta densidad seca es 19.21% de 0.1pulgadas de penetración teniendo como resultante a esta como la más perjudicial, también tiene la más alta densidad seca es 1.76 g/cm3 teniendo el resultado del contenido de humedad óptimo del 8.31%.

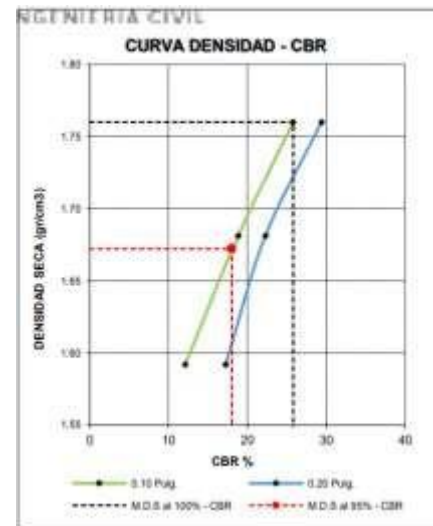
Posteriormente, se presentan resultados obtenidos por el método de CBR de la Calicata N°03

**Fig. 8:** Curva de penetración de 12, 25, 56 golpes



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales – LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Fig. 9:** Curva Densidad de CBR



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Cuadro 5:** Ensayo de CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO	
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm <sup>3</sup> ) 1.76
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm <sup>3</sup> ) 1.672
Óptimo contenido de humedad	(%) 8.32
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%) 25.81
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%) 18.03

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad

- Se logró obtener las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad – CBR de la calicata N° 03, los resultados obtenidos del CBR al porcentaje de 95 de su más alta densidad seca es 18.03% de 0.1 pulgadas de penetración teniendo como resultante a esta como la más perjudicial, también tiene la más alta densidad seca es 1.76 g/cm<sup>3</sup> teniendo el resultado del contenido de humedad óptimo del 8.32%.

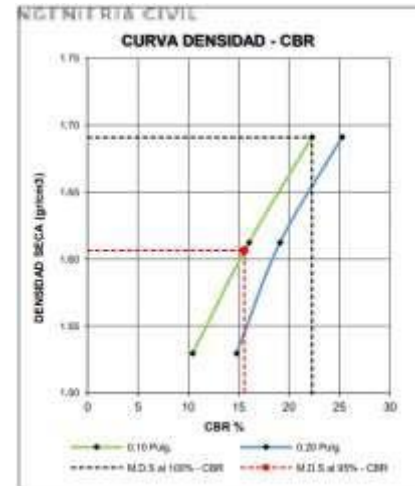
Posteriormente, se presentan resultados obtenidos por el método de CBR de la Calicata N°04

**Fig. 10:** Curva de penetración de 12, 25, 56 golpes



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales – LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Fig. 11:** Curva Densidad de CBR



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Cuadro 6:** Ensayo de CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm3)	1.691
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm3)	1.606
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.51
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)		22.29
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	15.56

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad

- Se logró obtener las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad – CBR de la calicata N° 04, los resultados obtenidos del CBR al porcentaje de 95 de su más alta densidad seca es 15.56% de 0.1 pulgadas de penetración teniendo como resultante a esta como la más perjudicial, también tiene la más alta densidad seca es 1.691 g/cm3 teniendo el resultado del contenido de humedad óptimo del 7.51%.

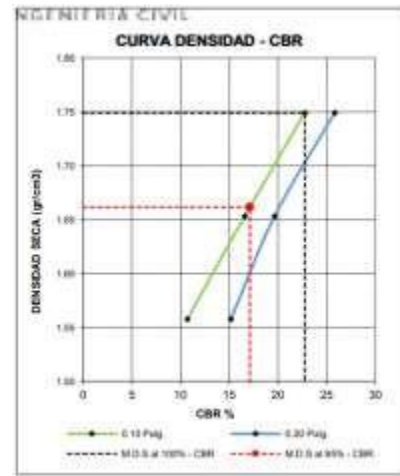
Posteriormente, se presentan resultados obtenidos por el método de CBR de la Calicata N°05

**Fig. 12:** Curva de penetración de 12, 25, 56 golpes



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales – LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Fig. 13:** Curva Densidad de CBR



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Cuadro 7:** Ensayo de CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm <sup>3</sup> )	1.749
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm <sup>3</sup> )	1.662
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.73
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)		22.78
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	17.14

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad

- Se logró obtener las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad – CBR de la calicata N° 05, los resultados obtenidos del CBR al porcentaje de 95 de su más alta densidad seca es 17.14% de 0.1 pulgadas de penetración teniendo como resultante a esta como la más perjudicial, también tiene la más alta densidad seca es 1.749 g/cm<sup>3</sup> teniendo el resultado del contenido de humedad óptimo del 7.73%.

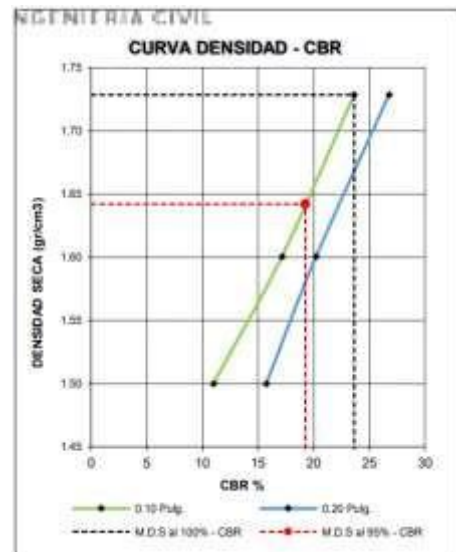
Posteriormente, se presentan resultados obtenidos por el método de CBR de la Calicata N°06

**Fig. 14:** Curva de penetración de 12, 25, 56 golpes



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales – LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Fig. 15:** Curva Densidad de CBR



**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad Cesar Vallejo

**Cuadro 8:** Ensayo de CBR

RESULTADOS DEL ENSAYO		
Máxima densidad seca al 100%	(g/cm3)	1.729
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm3)	1.642
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.16
CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)		23.65
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)		19.26

**Fuente:** Laboratorio de Mecánica de Suelos y Materiales– LMS – Facultad de I. Civil – Universidad

- Se logró obtener las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad – CBR de la calicata N° 06, los resultados obtenidos del CBR al porcentaje de 95 de su más alta densidad seca es 19.26% de 0.1 pulgadas de penetración teniendo como resultante a esta como la más perjudicial, también tiene la más alta densidad seca es 1.729 g/cm3 teniendo el resultado del contenido de humedad óptimo del 8.16%.

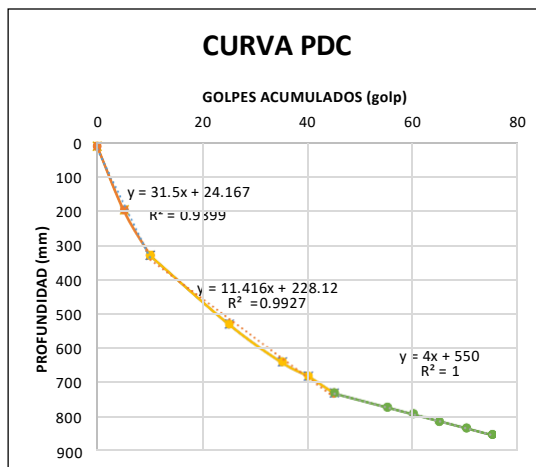
### 3.4. Determinación del estudio P.D.C. in situ de los suelos

Si el valor de  $r = -1$  (menos uno) quiere decir que hay una existencia, una relación lineal negativa entre  $e$ , si  $r = 1$  existe una relación lineal positiva entre  $e$ , si  $r = 0$  no existe ninguna relación lineal entre  $e$ . Rivera (2016).

El valor de  $R^2$  se puede interpretar como una medida de confiabilidad del resultado con respecto a los datos observados. Los valores de  $R^2$  que se acerquen a uno, significa que la ecuación tiene mayor grado de confiabilidad. Montgomery et. al (2002, p. 34).

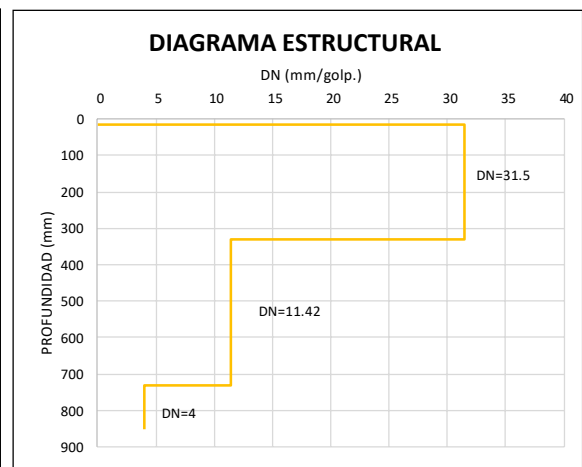
#### Calicata N°01

**Fig. 16:** Curva de PDC



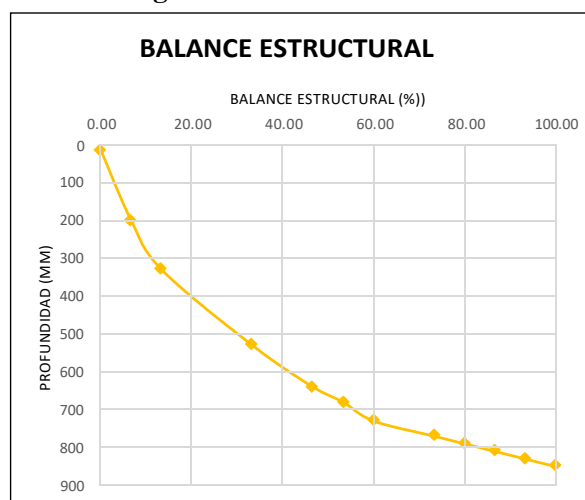
Fuente: Elaboración propia

**Fig.17:** Diagrama Estructural



Fuente: Elaboración propia

**Fig. 18:** Balance Estructural



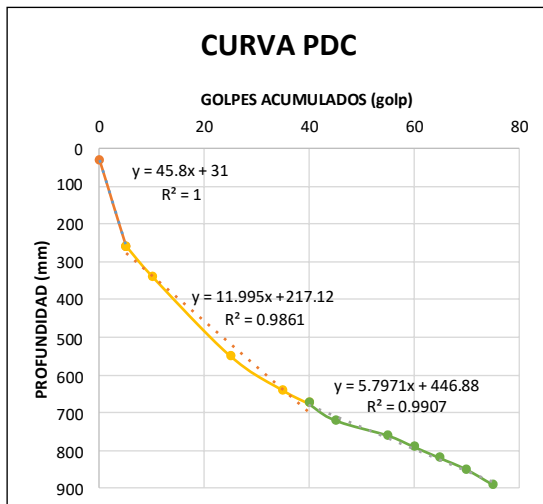
Fuente: Elaboración propia



- La grafica de la curva resultante de PDC nos demuestra la similitud que se halla en el suelo según cada capa, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera una recta para cada capa según su distribución donde su pendiente resultante tiende a ser número de PDC o también conocido como DN, que nos sirve graficar el diagrama estructural, donde se pudo observar que si la pendiente resultante es mayor, se obtiene una resistencia del suelo menor; finalmente el diagrama del balance de la estructura que se relaciona de acuerdo al número de golpes necesarios en cada porcentaje en sus distintas profundidades que estén a evaluar.

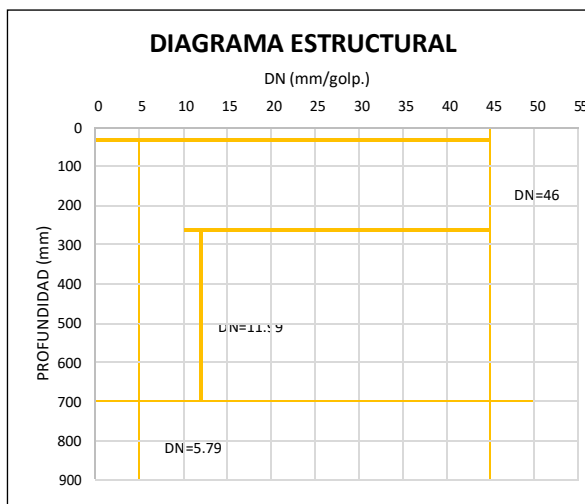
### Calicata N°02

**Fig.19:** Curva de PDC



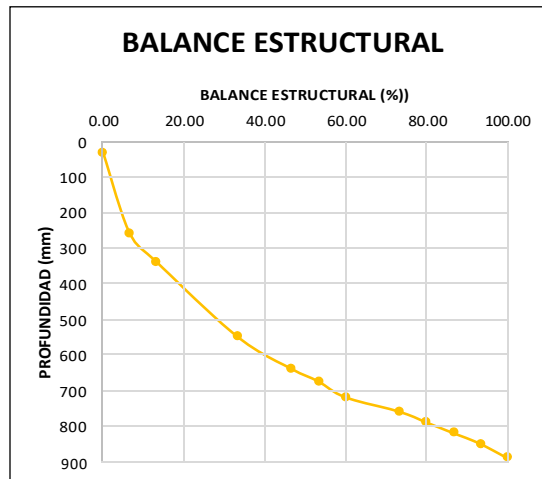
**Fuente:** Elaboración propia

**Fig.20:** Diagrama Estructural



**Fuente:** Elaboración propia

**Fig. 21:** Balance Estructural

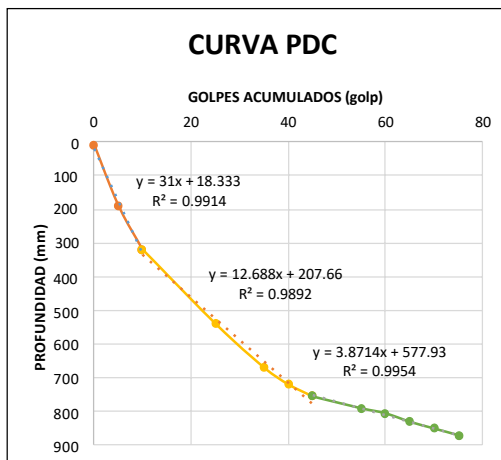


Fuente: Elaboración propia

- La grafica de la curva resultante de PDC nos demuestra la similitud que se halla en el suelo según cada capa, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera una recta para cada capa según su distribución donde su pendiente resultante tiende a ser número de PDC o también conocido como DN, que nos sirve graficar el diagrama estructural, donde se pudo observar que si la pendiente resultante es mayor, se obtiene una resistencia del suelo menor; finalmente el diagrama del balance de la estructura que se relaciona de acuerdo al número de golpes necesarios en cada porcentaje en sus distintas profundidades que estén a evaluar.

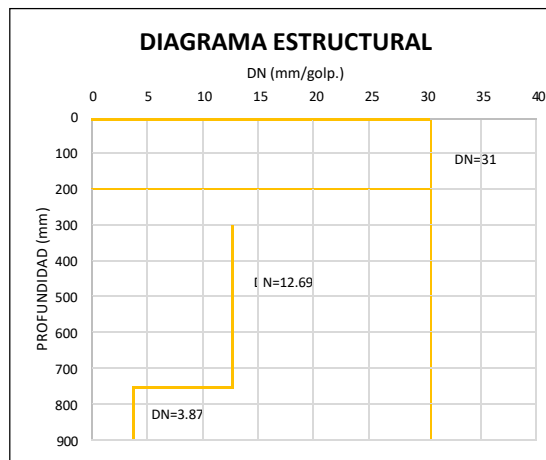
**Calicata N°03**

**Fig. 22:** Curva de PDC



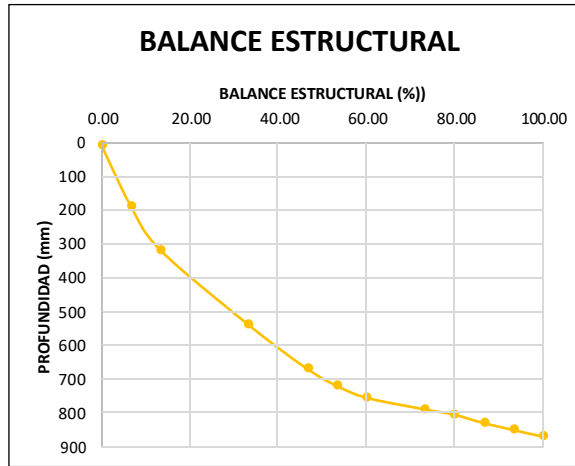
Fuente: Elaboración propia

**Fig. 23:** Diagrama Estructural



Fuente: Elaboración propia

**Fig. 24:** Balance Estructural

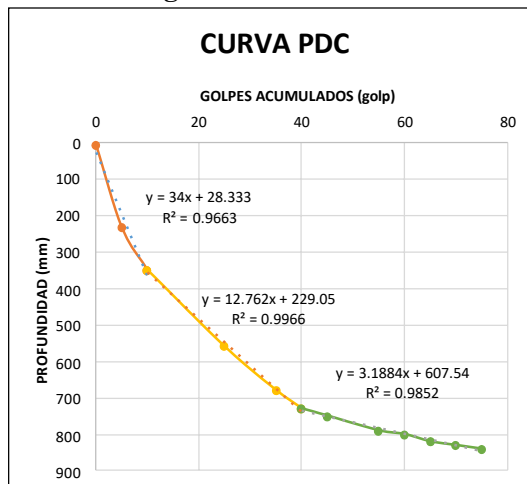


**Fuente:** Elaboración propia

- La grafica de la curva resultante de PDC nos demuestra la similitud que se halla en el suelo según cada capa, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera una recta para cada capa según su distribución donde su pendiente resultante tiende a ser número de PDC o también conocido como DN, que nos sirve graficar el diagrama estructural, donde se pudo observar que si la pendiente resultante es mayor, se obtiene una resistencia del suelo menor; finalmente el diagrama del balance de la estructura que se relaciona de acuerdo al número de golpes necesarios en cada porcentaje en sus distintas profundidades que estén a evaluar.

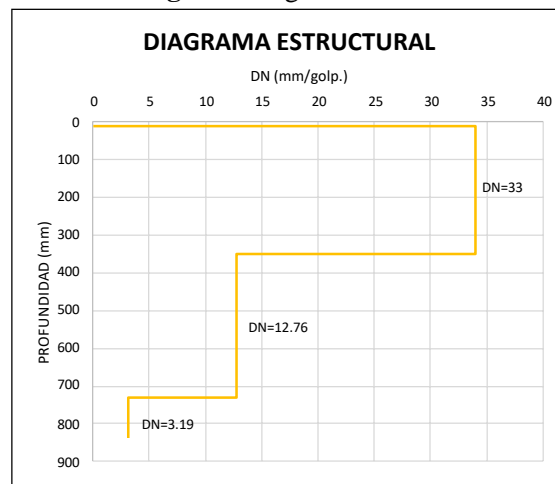
**Calicata N°04**

**Fig. 25:** Curva de PDC



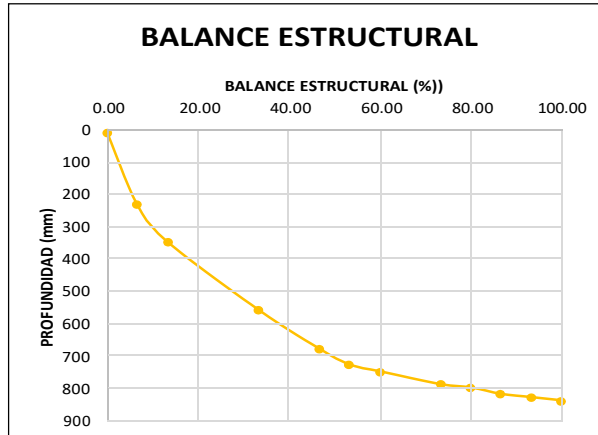
**Fuente:** Elaboración propia

**Fig. 26:** Diagrama Estructural



**Fuente:** Elaboración propia

**Fig. 27:** Balance Estructural

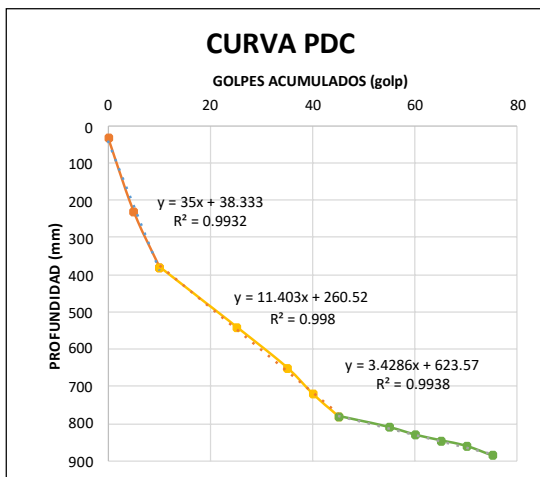


Fuente: Elaboración propia

- La grafica de la curva resultante de PDC nos demuestra la similitud que se halla en el suelo según cada capa, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera una recta para cada capa según su distribución donde su pendiente resultante tiende a ser número de PDC o también conocido como DN, que nos sirve graficar el diagrama estructural, donde se pudo observar que si la pendiente resultante es mayor, se obtiene una resistencia del suelo menor; finalmente el diagrama del balance de la estructura que se relaciona de acuerdo al número de golpes necesarios en cada porcentaje en sus distintas profundidades que estén a evaluar.

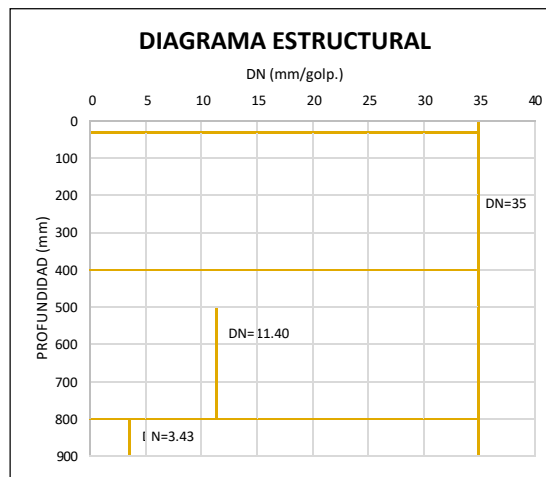
**Calicata N°05**

**Fig. 28:** Curva de PDC



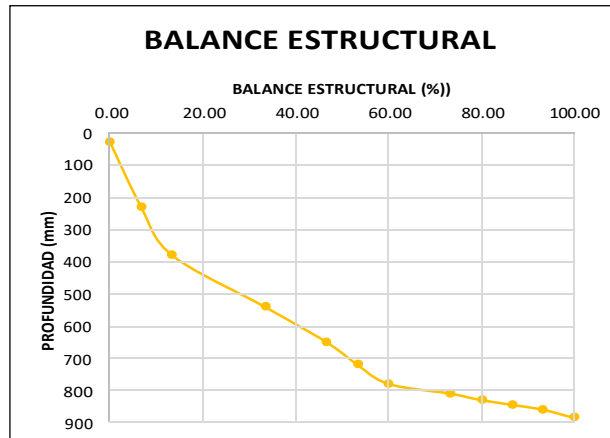
Fuente: Elaboración propia

**Fig. 29:** Diagrama Estructural



Fuente: Elaboración propia

**Fig. 30:** Balance Estructural

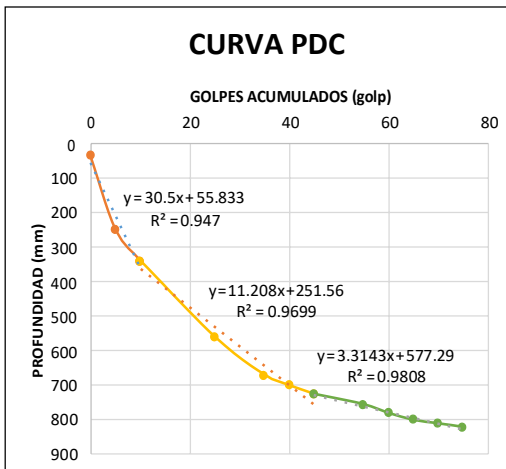


**Fuente:** Elaboración propia

- La grafica de la curva resultante de PDC nos demuestra la similitud que se halla en el suelo según cada capa, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera una recta para cada capa según su distribución donde su pendiente resultante tiende a ser número de PDC o también conocido como DN, que nos sirve graficar el diagrama estructural, donde se pudo observar que si la pendiente resultante es mayor, se obtiene una resistencia del suelo menor; finalmente el diagrama del balance de la estructura que se relaciona de acuerdo al número de golpes necesarios en cada porcentaje en sus distintas profundidades que estén a evaluar.

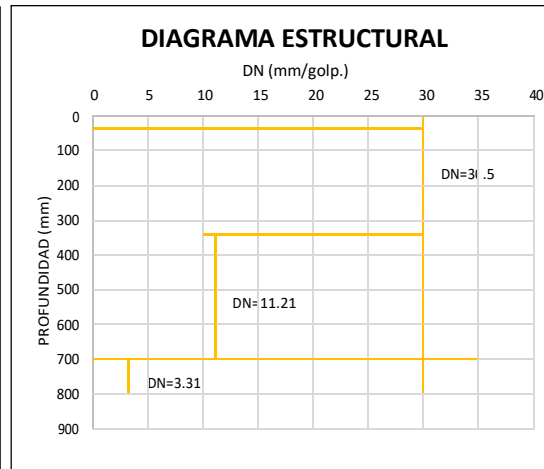
**Calicata N°06**

**Fig. 31:** Curva de PDC



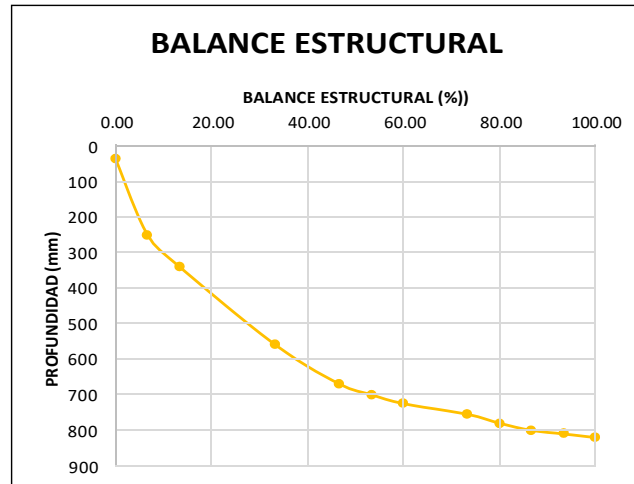
**Fuente:** Elaboración propia

**Fig. 32:** Diagrama Estructural



**Fuente:** Elaboración propia

**Fig. 30:** Balance Estructural



**Fuente:** Elaboración propia

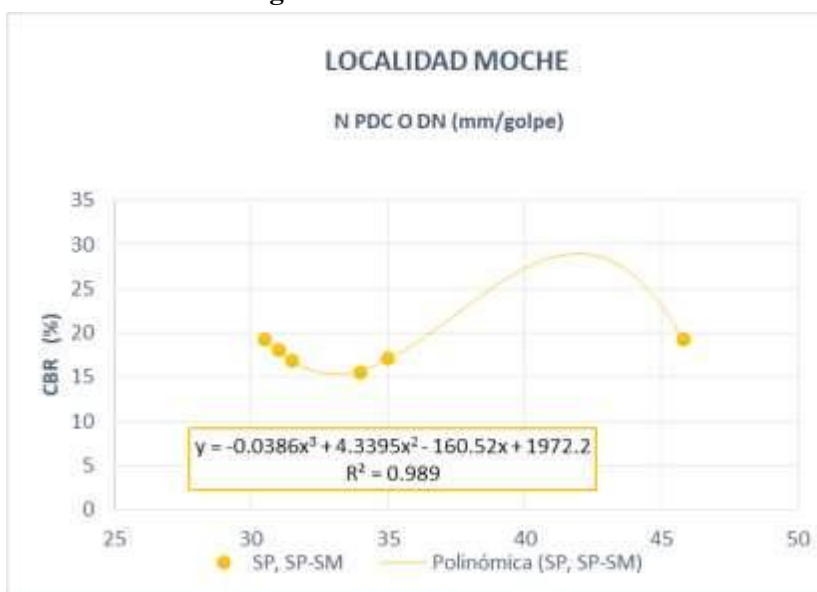
- La grafica de la curva resultante de PDC nos demuestra la similitud que se halla en el suelo según cada capa, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera una recta para cada capa según su distribución donde su pendiente resultante tiende a ser número de PDC o también conocido como DN, que nos sirve graficar el diagrama estructural, donde se pudo observar que si la pendiente resultante es mayor, se obtiene una resistencia del suelo menor; finalmente el diagrama del balance de la estructura que se relaciona de acuerdo al número de golpes necesarios en cada porcentaje en sus distintas profundidades que estén a evaluar.

### **3.5. Determinación del modelo de la correlación entre California Bearing Ratio (CBR) y Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), en la determinación de la resistencia del suelo de la localidad de Moche**

Se llegó a realizar la correlación del CBR de laboratorio y el PDC con un modelo para el uso solo en suelos SP, SM, hallados en la localidad de Moche.

La ecuación que se obtuvo de la correlación será la que más se ajustó a los resultados de los CBR de laboratorio en su primera capa de cada calicata y el PDC in situ igualmente, teniendo un coeficiente correlacional aproximándose a 1. Teniendo así que la correlación obtenida es de modelo no lineal.

**Fig.34:** Correlación no lineal



**Fuente:** Elaboración propia

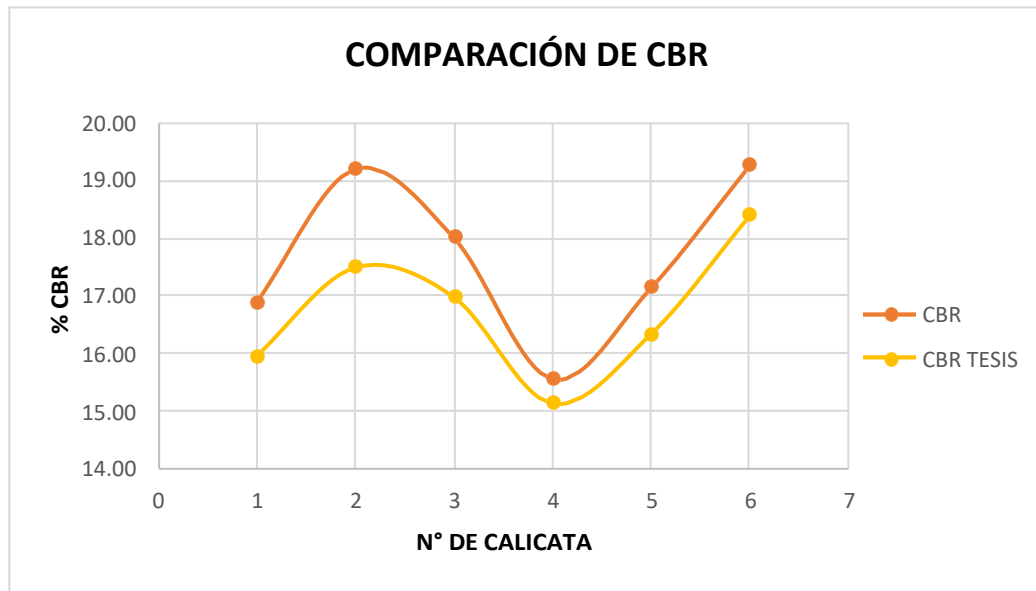
### 3.6. Comparación los resultados obtenidos con los métodos C.B.R. y P.D.C.

**Fig.35:** Comparación de CBR

Nº CALICATA	CLASIFICACION		CBR 95%	DCP	CBR TESIS	Ecuación
	SUCS	AASTHO				
C-01	SP-SM	A-2-4 (0)	16.88	31.50	15.9490	1
C-02	SP-SM	A-1-b (0)	19.21	45.80	17.4958	1
C-03	SP-SM	A-2-4 (0)	18.03	31.00	16.9921	1
C-04	SP	A- 3 (0)	15.56	34.00	15.1288	1
C-05	SP-SM	A-2-4 (0)	17.14	35.00	16.3325	1
C-06	SP-SM	A-1-b (0)	19.26	30.50	18.3932	1

**Fuente:** Elaboración propia

**Fig. 36:** Comparación de CBR- CBR TESIS



**Fuente:** Elaboración propia

Las resultantes obtenidas de la ecuación correlativa (CBR TESIS), para la ecuación de suelos SP-SM que se denominó (1) teniendo un grado de confiabilidad de 98.9%. Se ve claramente la diferencia del CBR hallado en el laboratorio y el CBR que se obtuvo después de hallar la correlación tomando datos del PDC.



#### IV. DISCUSIÓN

Referente a los ensayos a través de MS Excel, se determinó la ecuación correlacional  $CBR_{LAB} = -0.0386(N_{PDC})^3 + 4.3395(N_{PDC})^2 - 160.52(N_{PDC}) + 1972.2$ , que derivó de la aplicación de los métodos de CBR y PDC, por otro lado también se halló la gráfica de correlación, donde nuestro coeficiente correlacional es  $R^2 = 0.989$  denotando su confiabilidad en el factor R, Homero, Pérez, Katerine (2017), determinaron la ecuación  $CBR_{LAB} = 0.318(N_{PDC})^3 - 5.195(N_{PDC})^2 + 25.22(N_{PDC}) - 16.98$ , donde se encontró un coeficiente correlativo de  $R^2 = 1$ , donde su coeficiente demuestra confiabilidad al 100%. Esta ecuación logró evaluar y estimar el valor CBR de diseño para los diferentes tipos de suelos de la localidad.

Al realizar la comparación de nuestros resultados de resistencia a través del CBR y la correlación PDC, podemos afirmar la similitud y proximidad de resultados.

La ecuación determinada fue base para hallar el CBR de diseño, demostrando que los resultados del CBR real de laboratorio y del CBR de diseño por correlación son similares. Por ende, los resultados cuentan con eficacia y veracidad.

Paucar (2012) obtiene resultados de gran similitud entre sus valores CBR, dicho estudio aplicado en los tipos de suelo de la subrasante de la vía Riobamba-Alausí, defendiendo de esta manera su propósito general que era determinar la ecuación de correlación. Paucar también nos dice que la ecuación hallada cuenta como alternativa eficaz para el cálculo de CBR de diseño, sin optar por el CBR tradicional y utilizando nuevos métodos fiables como el PDC.

Nuestro factor  $R^2 = 0.989$  cumple el grado de ajuste apto para este modelo de ecuación; mientras mayor sea el coeficiente se puede predecir el valor de la variable dependiente. Sin embargo, Araujo (2014) en su tesis “ECUACIONES DE CORRELACIÓN DEL CBR CON PROPIEDADES ÍNDICE DE SUELOS PARA LA CIUDAD DE PIURA” determino el factor  $R^2$  de 0.706, el cual es aceptable, pero no se observa una tendencia lineal estable, debido a la ausencia de datos entre 20 al 40 % en el contenido de grava. Identificando que la correlación entre %G y CBR es buena según la tabla de criterio de bondad de ajuste de parámetros estadísticos. En nuestro estudio según dicha tabla, tenemos un excelente factor de correlación.

## V. CONCLUSIONES

- Se determinó las propiedades físicas halladas en las diferentes calicatas, así como su clasificación de las diferentes muestras de tierra de la localidad de Moche. Los suelos de las calicatas N° 1,2,3,5 Y 6 se clasificaron por el método SUCS en SP- SM (Arena mal graduada con limo), y la calicata 4 se clasificó por el método SUCS en SP; por el método AASHTO las calicatas N° 1,3 y 5 en A – 2-4 (0) (Excelente – bueno/ Grava y arena limo arcillosa), las calicatas N° 2 y 6 en A – 1-b (0) (Excelente a bueno/ Fragmentos de roca, grava y arena). Y finalmente la calicata N° 4 en A – 3 (0) (Arena fina / Excelente - bueno).
- Se determinó las gráficas de la curva de penetración para cada muestra compactada a los 12 golpes, 25golpes y 56 golpes (distribuida en 5 capas), las gráficas de Densidad–CBR en las 6 calicatas.
- Se determinó la gráfica de la curva con los valores del P.D.C nos demuestra la similitud que se encuentra en el suelo en las diferentes capas, donde se pudo observar y registrar 3 capas, la unión de sus puntos genera a una recta por capa del suelo, donde su pendiente resultante es el número de P.D.C.
- Se encontró la correlación de los resultados del CBR Y Penetrómetro Dinámico de Cono (P.D.C) in situ, donde se obtuvo una ecuación: La ecuación también depende del tipo del suelo que se esté analizando, Arena mal graduada con limo (SP-SM) de la localidad de Moche es  $CBR_{LAB} = -0.0386 (N_{PDC})^3 + 4.3395(N_{PDC})^2 - 160.52(N_{PDC}) + 1972.2$ , teniendo el resultado coeficiente correlacional de  $R^2 = 0.989$ ; la ecuación no lineal es aplicable solo para los suelos de Arena mal graduada con limo obteniéndose resultados aceptables y confiables en un 98.9%.
- Se comparó los valores de CBR en laboratorio y los resultados Obtenidos después de hallar la correlación, en la calicata N°1 CBR Laboratorios es 16.88% mientras CBR de TESIS es 15.95%, en la calicata N°2 CBR Laboratorios es 19.21% mientras CBR de TESIS es 17.50%, en la calicata N°3 CBR Laboratorios es 18.03% mientras CBR de TESIS es 16.99%, en la calicata N°4 CBR Laboratorios es 15.56% mientras CBR de TESIS es 15.13%, en la calicata N°5 CBR Laboratorios es 17.14% mientras CBR de TESIS es 16.33% y en la calicata N°6 CBR Laboratorios es 19.26% mientras CBR de TESIS es 18.39%.

## VI. RECOMENDACIONES

Se recomienda la aplicación de las ecuaciones resultantes, a modo de estimación del C.B.R. de diseño, para la siguiente clasificación de los suelos: **SP- SM (Arena mal graduada con limo)**, con la humedad óptima desde 6% hasta el 10% y con un estimado en el número P.D.C. desde 2 hasta 47 mm/golpe.

Se recomienda y espera la normalización del ensayo P.D.C. en nuestro País, para la exploración, valoración y estudio de los suelos, estableciendo de esta manera resultados estadísticos.

Se recomienda el uso del Penetrómetro Dinámico de Cono (P.D.C.), ya que se considera un equipo ligero, manejable y fácil de transportar, puede ser utilizado en lugares inaccesibles, el ensayo no es destructivo y su aplicación se da en forma muy eficaz y económica para la exploración, valoración y estudio de los suelos.

## REFERENCIAS

AASHTO T 193-2003

AASHTO T 88 – ASTM D 422-MTC E 107 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LOS SUELOS TAMIZADOS

AASHTO T 88 – ASTM D 4318-MTC E 110 LIMITE LIQUIDO

AASHTO T 90 – ASTM D 4318-MTC E 111 LIMITE PLASTICO

AMAYA, Cesar. Caracterización de materiales de las Canteras California, David Carvajal del Municipio de Girardot y material aluvial del río Coello de este mismo municipio para producción de sub base y base granular. Tesis (Ingeniería Civil). Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2013.

ANGAMARCA, Alvaro y PONTÓN, Carlos. Determinación del CBR de laboratorio y natural en suelos finos y su correlación con el DCP para la determinación de la capacidad portante de la sub-rasante, en el diseño de pavimentos flexibles de la ciudad de Quito. Tesis (Ingeniería Civil). Quito: Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ingeniería, Ciencias Físicas y Matemática, 2013.

ARAUJO, William. Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura. Tesis (Ingeniería Civil). Piura: Universidad de Piura, Departamento de Ingeniería Civil, 2014.

ASTM D 1557 – NTP 339.141 PROCTOR MODIFICADO

ASTM D 1557-MTC E 115 DENSIDAD HUMEDA

ASTM D 1883-2009

ASTM D 2216-MTC E 108 CONTENIDO DE HUMEDAD DE LOS SUELOS

ASTM D 4429

BARQUERO y FERNANDEZ. Método de ensayo estándar para el uso del Penetrómetro. 2000.

BARRERA, PATIÑO y RUEDA. Penetrómetro dinámico de cono. 2017.

CARRASCO, Bayron. Correlación del valor de soporte de california (CBR) con la resistencia a la compresión confinada en suelos cohesivos en el pueblo joven nuevo progreso en el distrito de Pimentel, provincia de Chiclayo, región Lambayeque. Lambayeque, Pimentel. Universidad Señor de Sipán. 2016.

CHANG, Luis. C.B.R. (California Bearing Ratio). Obtenido de Universidad Nacional de Ingeniería 2014.

DCP (ASTM D-6951-09).

DENOIA, Julio y GIUBILEO, Graciela. (2008). Penetrómetro para el estudio de costras de suelo en laboratorio. Ciencia, docencia y tecnología, XIX (37), 191 - 204. Obtenido de USOS Y APLICACIONES DEL PENETROMETRO DE CONO.

ESPINOLA, Amado y GAVIDIA, Jhony. Análisis Técnico de las Bases Granulares Existentes Aplicando el método CBR in situ y CBR de laboratorio en el sector Gran Chimú, El Porvenir. Tesis (Ingeniería Civil). Tujillo: Universidad Privada Antenor Orrego, 2017.

FLORES, TORRES y PEÑA. Estimation Of Cbr Value Using Dynamic Cone Penetrometer. 2017.

GÓMEZ, Jaime. “Determinación De Las Ecuaciones De Correlación Entre Los ensayos que proporcionan los valores de resistencia de la subrasante en el tramo de la carrera 45 con Calle 86 hasta el parque de Aranjuez del Sistema de Transporte Masivo Metroplús” 2009.

HERNÁNDEZ, FERNÁNDEZ y BAPTISTA. Metodología de la Investigación Científica. México: McGraw-Hill. 2014.

HOYOS, Fabián. Geotecnia diccionario básico. Colombia, Medellín. Universidad Nacional de Colombia, Medellín. 2001.

INJANTE, Hubert. Resistencia in situ de subrasante utilizando penetrómetro dinámico de cono en la ciudad de Ica. Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú: Universidad Nacional de Ingeniería. 2012.

LACERA, Gabriel. Correlación entre los valores de resistencia a la penetración cónica DCP y el valor de relación de soporte CBR de suelos para la región geológica del área

local de Valledupar. Universidad Industrial de Santander, Facultad de Ciencias Físico Mecánicas. Bucaramanga, Colombia: Universidad Industrial de Santander. 2006.

LLANOS Andres, REYES, Shirley. Estudio Comparativo de los Ensayos California Bearing Ratio (Cbr) de Laboratorio y Penetración Dinámica de Cono (Pdc) en la Localidad de Picsi. Perú, Pimentel. 2017.

MANOTOA, Andres “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”. Ecuador. Universidad Técnica de Ambato. 2016.

MONTGOMERY, Douglas, PECK, Elizabeth y VINING, Geoffrey. Introducción al análisis de regresión lineal. México. Distrito federal de México. 2002.

MTC E 132-2000 MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES

NORMA DE REFERENCIA: ASTM D6951 (ENSAYO CON EL CONO DE PENETRACIÓN DINÁMICO. (ADCP)) 2007

NORMA I.N.V. E- 172 – 07 MÉTODO DE ENSAYO NORMAL PARA EL USO DEL PENETRÓMETRO DINÁMICO DE CONO EN APLICACIONES DE PAVIMENTOS A POCA PROFUNDIDAD

NTP. 339.145-1999

NUÑEZ, Jaime. Fallas presentadas en la construcción de carreteras asfaltadas. Universidad de Piura, Facultad de Ingeniería. Lima, Perú: Universidad de Piura. 2014.

OSORIO y CASAS. Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba. 2011.

PAUCAR, Lucia. Determinación de la ecuación de correlación entre los ensayos CBR de laboratorio y PDC in situ para los tipos de suelos de la subrasante de la via Riobamba – Alaus. Universidad Nacional de Chimborazo, Facultad de Ingeniería. Riobamba, Ecuador: Universidad Nacional de Chimborazo. 2012.

PORTILLA, Favio y PILLAJO, Alejandra. Determinación del CBR de laboratorio en suelos granulares y su correlación con el DCP para la aplicación en el diseño de pavimentos de caminos vecinales. Ecuador, Quito. Pontificia Universidad Católica del Ecuador de Quito.2001.

Reglamento Nacional De Edificaciones (RNE) CE.010 Pavimentos Urbanos.

RIVERA, William. Correlación del valor de soporte de california (C.B.R) con la resistencia a la compresión inconfiada y la plasticidad del suelo, Universidad del Valle. Colombia, Santiago de Cali. Universidad del Valle. 2016.

TUPIA, ALVA. Evaluación de las Capacidad de Soporte del Terreno por medio de un Equipo de Penetración Dinámica. 2001.

VISCARRA, Fabiana. El Cono Dinámico De Penetración Y Su Aplicación En La Evaluación De Suelos. 2016.

## ANEXOS

**Fig. 37:** Ubicación e Identificación de zona de Estudio



Fuente: Elaboración propia

**Fig. 38:** Aplicación del equipo de PDC.



Fuente: Elaboración propia

**Fig. 39** Muestras del Suelo



Fuente: Elaboración propia

**Fig. 40** Proctor Modificado



Fuente: Elaboración propia



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019

Calicata		Ubicación	Prof. Estrato	PROPIEDADES FÍSICAS						CLASIFICACIÓN		PROPIEDADES MECÁNICAS						
Nº	Estrato			% CH	% Finos	% Arenas	% Gravas	% LL	% LP	% IP	SUCS	AASHTO	MDS (g/cm3)	OCH %	CBR 100%	CBR 95%	Pu (g/cm3)	Qadm. (Kg/cm2)
C-1	E-1	MUESTRA 1	1.50 m	3.45	7.37	92.63	0.00	26	24	2	SP-SM	A-2-4 (0)	1.736	8.40	23.48	16.88	-	
C-2	E-1	MUESTRA 2	1.50 m	1.83	7.14	92.86	0.00	26	25	1	SP-SM	A-1-b (0)	1.760	8.31	23.43	19.21	-	
C-3	E-1	MUESTRA 3	1.50 m	2.56	6.52	93.48	0.00	38	35	3	SP-SM	A-2-4 (0)	1.760	8.32	25.81	18.03	-	
C-4	E-1	MUESTRA 4	1.50 m	1.61	3.13	96.87	0.00	NP	NP	NP	SP	A-3 (0)	1.691	7.51	22.29	15.56	-	
C-5	E-1	MUESTRA 5	1.50 m	1.97	5.11	94.89	0.00	27	26	1	SP-SM	A-2-4 (0)	1.749	7.73	22.78	17.14	-	
C-6	E-1	MUESTRA 6	1.50 m	2.50	6.02	93.98	0.00	27	26	1	SP-SM	A-1-b (0)	1.729	8.16	23.65	19.26	-	

**Fig. 41** Ensayo de Mecánica de suelos

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ASTM D - 422

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

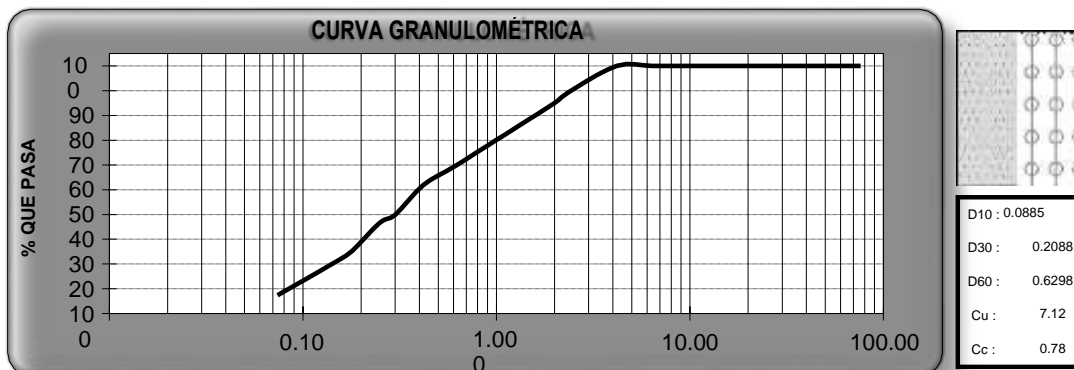
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1852.59  
 Peso perdido por lavado : 147.41

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	3.45%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 26
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 24
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 2
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	
No	2.360	212.06	10.60	10.60	89.40	Clas. SUCS : SP-SM
No10	2.000	86.96	4.35	14.95	85.05	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No10	1.180	228.29	11.41	26.37	73.63	<b>Descripción de la Muestra</b>
No20	0.850	140.64	7.03	33.40	66.60	
No30	0.600	149.91	7.50	40.89	59.11	
No40	0.420	143.40	7.17	48.06	51.94	
No50	0.300	241.64	12.08	60.15	39.86	
No60	0.250	62.30	3.12	63.26	36.74	
No80	0.180	228.90	11.45	74.71	25.30	
No100	0.150	82.85	4.14	78.85	21.15	
No200	0.074	275.64	13.78	92.63	7.37	
< No200		147.41	7.37	100.00	0.00	
Tota		2000.00	100.00			SUCS: Arena mal graduada con limo AASTHO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno Tiene un % de finos de = 7.37%
						<b>Descripción de la Calicata</b>
						C-1 : E-1 Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



**Fig. 42:** Ficha de ensayo de Granulometría- Calicata N° 1

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	1	2	28	-	-
N° de golpes			28		
Peso de tara (g)	9.3	9.5	8.50	9.00	9.30
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.0	14.3	13.00	9.90	9.80
Peso tara + suelo seco (g)	12.9	13.3	12.10	9.73	9.70
Contenido de Humedad (%)	29.4	27.0	25.00	23.29	25.00
Límites (%)	26			24	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -8.902 \ln(x) + 54.763$$

**Fig. 43:** Ficha de ensayo de Límite de Consistencia - Calicata N° 1

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	8.00	9.00	8.00
Peso del tarro + suelo húmedo (g)	119.40	118.10	120.30
Peso del tarro + suelo seco (g)	115.30	114.90	116.50
Peso del suelo seco (g)	107.30	105.90	108.50
Peso del agua (g)	4.10	3.20	3.80
% de humedad (%)	3.82	3.02	3.50
% de humedad promedio (%)	<b>3.45</b>		

**Fig. 44:** Ficha de ensayo de Contenido de Humedad- Calicata N° 1

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

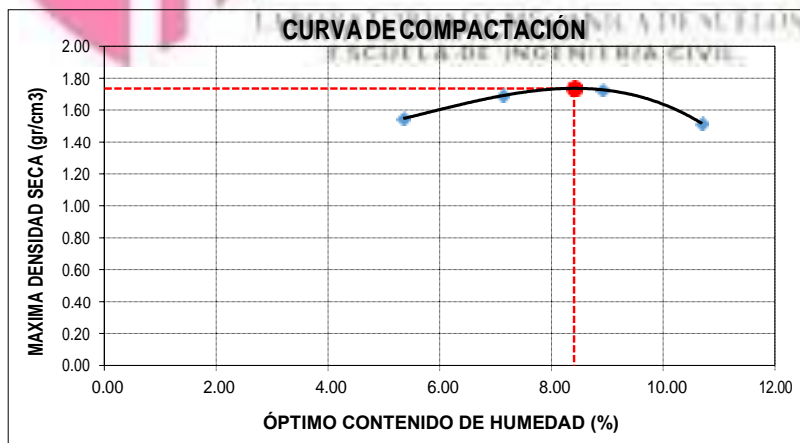
**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°		#	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)		580	5970	6035	584		
Peso del molde (g)		428	4280	4280	428		
Peso del suelo húmedo (g)		152	1690	1755	156		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )		1.6	1.81	1.88	1.6		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
Peso del suelo húmedo + tara (g)		98.3	106.61	92.85	119.2		
Peso del suelo seco + tara (g)		93.8	100.18	86.09	108.7		
Peso del agua (g)		4.4	6.43	6.76	10.5		
Peso de la tara (g)		9.7	9.97	10.28	10.1		
Peso del suelo seco (g)		84.0	90.21	75.81	98.5		
% de humedad (%)		5.3	7.13	8.91	10.7		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )		1.5	1.69	1.73	1.5		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.736
Óptimo contenido de humedad (%)	8.40

**Fig. 45:** Ficha de ensayo de Proctor Modificado- Calicata N° 1

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1 / E-1 / MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>ENSAYO DE CBR</b>						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11145		11365		11542	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3590		3810		3987	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.694		1.798		1.882	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.07		98.83		92.52	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	81.16		91.64		86.17	
Peso del agua (g)	5.91		7.18		6.35	
Peso de la cápsula (g)	9.91		10.10		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.25		81.54		75.62	
% de humedad (%)	8.30		8.81		8.40	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.564		1.652		1.736	

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.475	1.475	1.161	1.434	1.434	1.129	1.557	1.557	1.226
48 hrs	1.577	1.577	1.242	1.536	1.536	1.210	1.782	1.782	1.403
72 hrs	1.803	1.803	1.419	1.762	1.762	1.387	1.926	1.926	1.516
96 hrs	1.803	1.803	1.419	1.762	1.762	1.387	1.926	1.926	1.516

<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION</b>									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0
0.025	9	103.14	34.3	11	153.47	51.1	2	237.38	79.1
0.050	15	153.47	51.1	2	270.95	90.3	4	413.69	137.9
0.075	24	228.98	76.3	4	380.10	126.7	6	556.52	185.5
0.100	36	329.71	109.9	5	514.50	171.5	8	704.27	234.8
0.125	48	430.49	143.5	7	623.77	207.9	9	859.30	286.5
0.150	60	531.31	177.1	8	733.09	244.4	11	994.01	331.4
0.200	82	716.27	238.8	10	926.65	308.9	14	1213.08	404.4
0.300	114	985.59	328.6	13	1179.36	393.2	17	1491.45	497.2
0.400	132	1137.22	379.1	15	1331.13	443.8	19	1660.32	553.5
0.500	137	1179.36	393.2	16	1398.62	466.3	20	1736.36	578.9

**Fig. 46:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 1

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

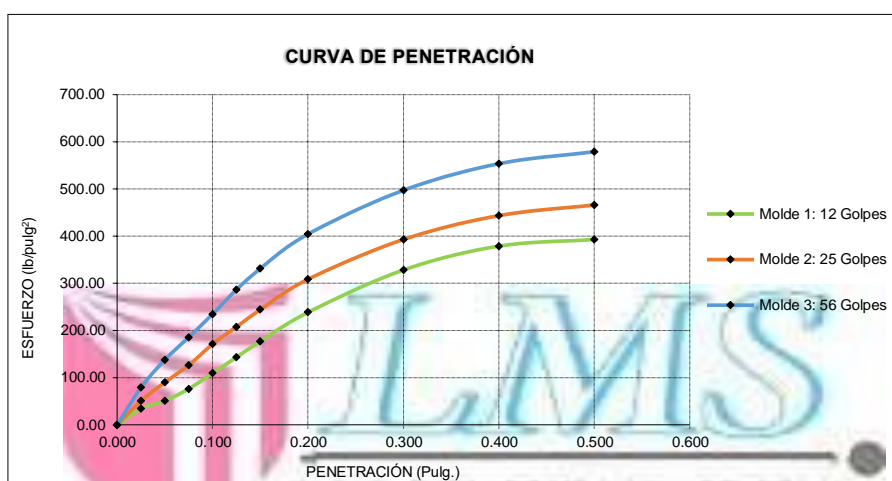
**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-1/ E-1/ MUESTRA 1 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



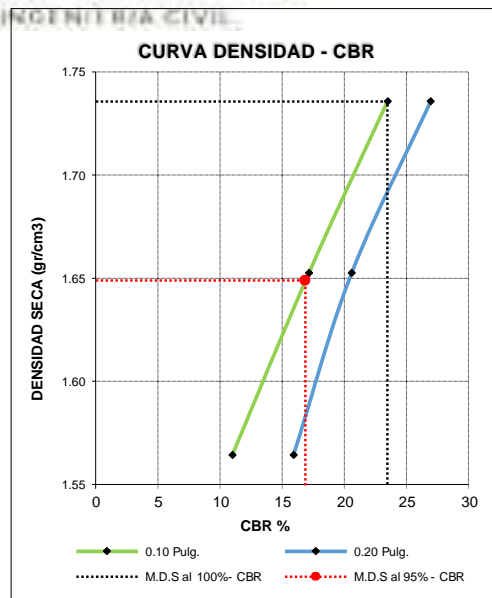
**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	109.93	100	10.99	1.564
2	0.100	171.54	100	17.15	1.652
3	0.100	234.82	100	23.48	1.736

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	238.82	150	15.92	1.564
2	0.200	308.96	150	20.60	1.652
3	0.200	404.46	150	26.96	1.736

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.736
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.649
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.40
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	23.48
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	16.88



**Fig. 47:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 1

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

---

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**  
ASTM D - 422

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

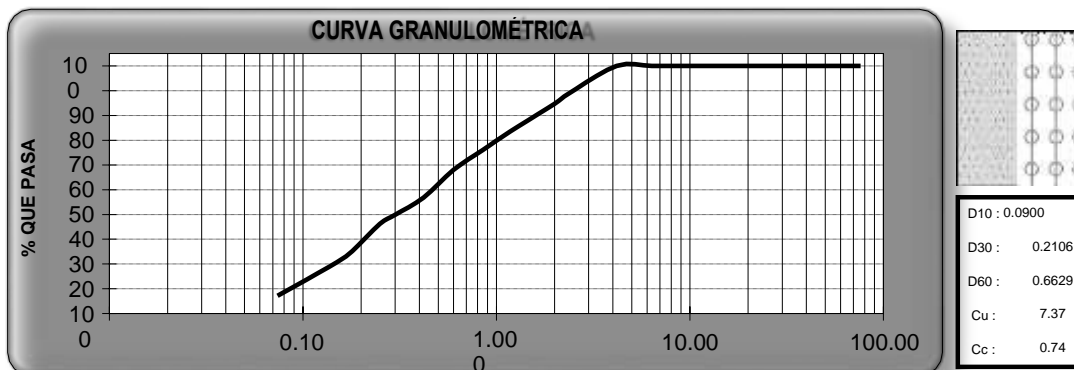
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1857.11  
 Peso perdido por lavado : 142.89

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.83%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 26
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 25
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 1
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	
No	2.360	224.15	11.21	11.21	88.79	Clas. SUCS : SP-SM
No10	2.000	81.29	4.06	15.27	84.73	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No10	1.180	223.50	11.18	26.45	73.55	<b>Descripción de la Muestra</b>
No20	0.850	150.74	7.54	33.98	66.02	
No30	0.600	160.79	8.04	42.02	57.98	SUCS: Arena mal graduada con limo
No40	0.420	223.39	11.17	53.19	46.81	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No50	0.300	138.51	6.93	60.12	39.88	Tiene un % de finos de = 7.14%
No60	0.250	73.29	3.66	63.78	36.22	<b>Descripción de la Calicata</b>
No80	0.180	220.64	11.03	74.82	25.19	
No100	0.150	89.45	4.47	79.29	20.71	C-2 : E-1
No200	0.074	271.36	13.57	92.86	7.14	
< No200		142.89	7.14	100.00	0.00	Profundidad : 0.00 m - 1.50 m
Tota		2000.00	100.00			



**Fig. 48:** Ficha de ensayo de Granulometría- Calicata N° 2

Fuente: Elaboración propia



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	1	2	26	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.5	9.0	9.20	8.10	9.70
Peso de tara + suelo húmedo (g)	13.6	14.6	15.60	8.60	10.20
Peso tara + suelo seco (g)	12.4	13.3	14.29	8.50	10.10
Contenido de Humedad %	30.7	27.5	25.74	25.00	25.00
Límites %	26			25	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -10.330 \ln(x) + 59.421$$

**Fig. 49:** Ficha de ensayo de Límite de Consistencia- Calicata N° 2

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	8.60	9.30	7.70
Peso del tarro + suelo humedo (g)	101.80	113.00	117.20
Peso del tarro + suelo seco (g)	100.00	111.20	115.30
Peso del suelo seco (g)	91.40	101.90	107.60
Peso del agua (g)	1.80	1.80	1.90
% de humedad (%)	1.97	1.77	1.77
% de humedad promedio (%)	<b>1.83</b>		

**Fig. 50:** Ficha de ensayo de Contenido de Humedad- Calicata N° 2

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

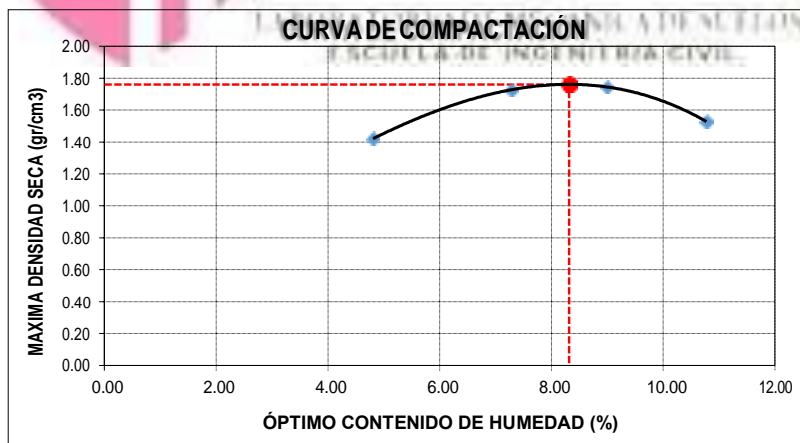
**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	#	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	567	6010	6055	586		
Peso del molde (g)	428	4280	4280	428		
Peso del suelo húmedo (g)	139	1730	1775	158		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.4	1.85	1.90	1.6		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	96.1	107.32	93.15	119.5		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.1	100.72	86.32	108.9		
Peso del agua (g)	3.9	6.61	6.83	10.6		
Peso de la tara (g)	9.5	10.03	10.32	10.1		
Peso del suelo seco (g)	82.5	90.68	76.01	98.7		
% de humedad (%)	4.8	7.29	8.99	10.7		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.4	1.73	1.75	1.5		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.760
Óptimo contenido de humedad (%)	8.31

**Fig. 51:** Ficha de Proctor Modificado- Calicata N° 2

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>ENSAYO DE CBR</b>						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11005		11285		11595	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3450		3730		4040	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.628		1.760		1.907	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	85.98		98.13		92.60	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	80.10		91.29		86.31	
Peso del agua (g)	5.88		6.84		6.29	
Peso de la cápsula (g)	9.78		10.03		10.55	
Peso del suelo seco (g)	70.32		81.26		75.76	
% de humedad (%)	8.36		8.42		8.31	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.503		1.624		1.760	

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.527	1.527	1.202	1.567	1.567	1.234	1.668	1.668	1.314
48 hrs	1.668	1.668	1.314	1.699	1.699	1.337	1.891	1.891	1.489
72 hrs	1.678	1.678	1.322	1.719	1.719	1.353	1.921	1.921	1.513
96 hrs	1.678	1.678	1.322	1.719	1.719	1.353	1.921	1.921	1.513

<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION</b>									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0
0.025	9	103.14	34.3	11	153.47	51.1	2	237.38	79.1
0.050	15	153.47	51.1	2	270.95	90.3	4	405.29	135.1
0.075	24	228.98	76.3	4	380.10	126.7	6	548.12	182.7
0.100	36	329.71	109.9	5	506.10	168.7	8	702.64	234.2
0.125	47	422.09	140.7	7	615.36	205.1	9	850.89	283.7
0.150	59	522.91	174.3	8	724.68	241.6	11	977.17	325.8
0.200	81	707.86	236.0	10	909.81	303.3	13	1196.22	398.8
0.300	112	968.74	323.0	13	1154.08	384.7	17	1466.13	488.8
0.400	130	1120.37	373.5	15	1314.26	438.2	19	1634.98	545.1
0.500	135	1162.50	387.6	16	1373.31	457.8	20	1711.01	570.4

**Fig. 52:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 2

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

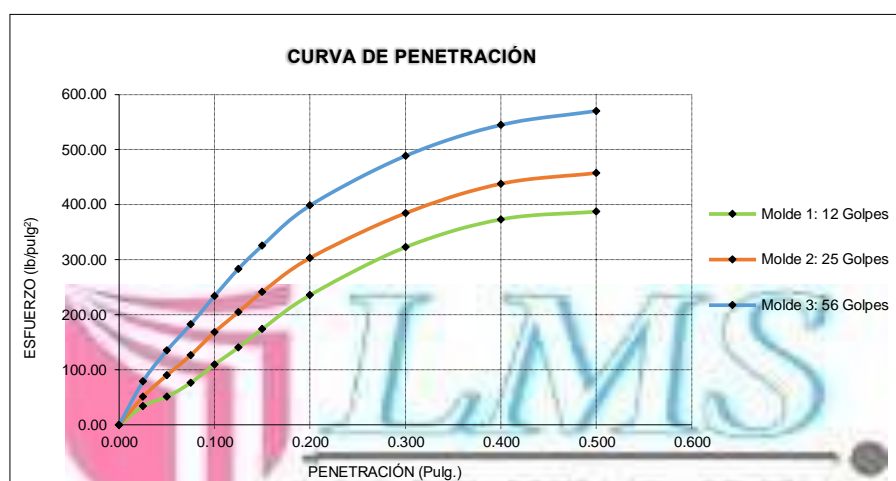
**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-2 / E-1 / MUESTRA 2 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



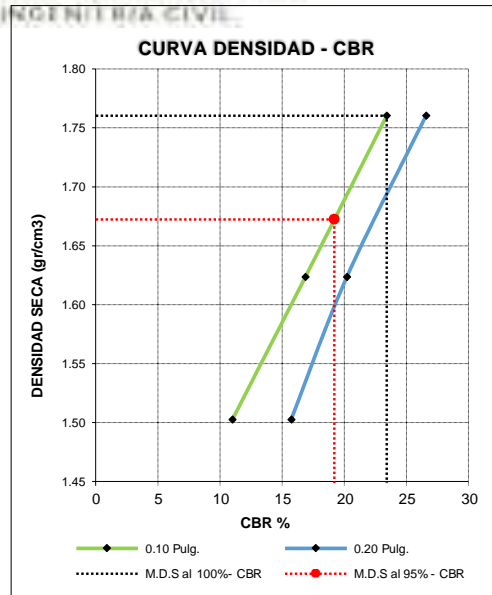
**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	109.93	100	10.99	1.503
2	0.100	168.74	100	16.87	1.624
3	0.100	234.27	100	23.43	1.760

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	236.01	150	15.73	1.503
2	0.200	303.34	150	20.22	1.624
3	0.200	398.84	150	26.59	1.760

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.760
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.672
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.31
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	23.43
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	19.21



**Fig. 53:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 2

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

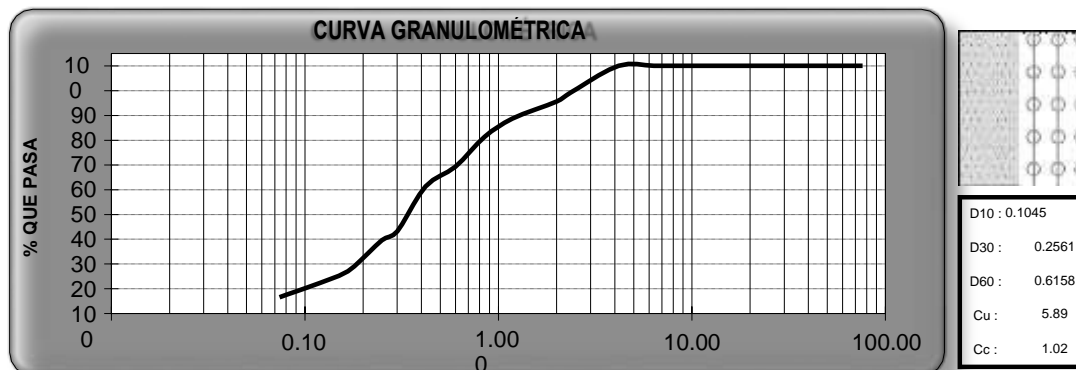
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1869.63  
 Peso perdido por lavado : 130.37

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.56%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
						<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 38
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 35
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 3
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SP-SM
No.	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No.	2.360	217.08	10.85	10.85	89.15	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	71.75	3.59	14.44	85.56	SUCS: Arena mal graduada con limo
No10	1.180	138.08	6.90	21.35	78.65	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa/ Excelente a bueno
No20	0.850	145.80	7.29	28.64	71.36	Tiene un % de finos de = 6.52%
No30	0.600	242.64	12.13	40.77	59.23	
No40	0.420	159.91	8.00	48.76	51.24	
No50	0.300	362.49	18.12	66.89	33.11	
No60	0.250	70.98	3.55	70.44	29.56	
No80	0.180	210.72	10.54	80.97	19.03	
No100	0.150	76.69	3.83	84.81	15.19	
No200	0.074	173.49	8.67	93.48	6.52	
< No200		130.37	6.52	100.00	0.00	
Tota		2000.00	100.00			<b>Descripción de la Calicata</b>
						C-3 : E-1
						Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



**Fig. 54:** Ficha de ensayo de Granulometría- Calicata N° 3

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	1	2	29	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	8.5	8.1	8.50	8.00	8.40
Peso de tara + suelo húmedo (g)	16.1	15.2	11.80	8.40	8.70
Peso tara + suelo seco (g)	13.9	13.2	10.92	8.30	8.62
Contenido de Humedad (%)	40.7	38.6	36.36	33.33	36.36
Límites (%)	38			35	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -9.171 \ln(x) + 67.306$$

**Fig. 55:** Ficha de ensayo de Límite de Consistencia- Calicata N° 3

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	8.80	8.70	9.40
Peso del tarro + suelo humedo (g)	128.00	120.10	109.60
Peso del tarro + suelo seco (g)	125.40	117.30	106.80
Peso del suelo seco (g)	116.60	108.60	97.40
Peso del agua (g)	2.60	2.80	2.80
% de humedad (%)	2.23	2.58	2.87
% de humedad promedio (%)	<b>2.56</b>		

**Fig. 56:** Ficha de ensayo de Contenido de Humedad- Calicata N° 3

**Fuente:** Elaboración propia



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

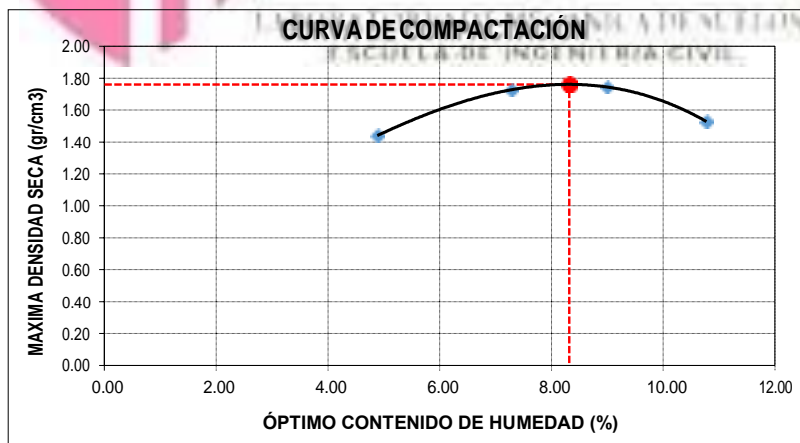
**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	#	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	569	6010	6055	586		
Peso del molde (g)	428	4280	4280	428		
Peso del suelo húmedo (g)	141	1730	1775	158		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.5	1.85	1.90	1.6		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	96.4	107.32	93.15	119.5		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.4	100.72	86.32	108.9		
Peso del agua (g)	4.0	6.61	6.83	10.6		
Peso de la tara (g)	9.5	10.03	10.32	10.1		
Peso del suelo seco (g)	82.8	90.68	76.01	98.7		
% de humedad (%)	4.8	7.29	8.99	10.7		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.4	1.73	1.75	1.5		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.760
Óptimo contenido de humedad (%)	8.32

**Fig. 57:** Ficha de ensayo de Proctor Modificado- Calicata N° 3

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>ENSAYO DE CBR</b>						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11215		11410		11595	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3660		3855		4040	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.727		1.819		1.907	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	87.62		99.22		93.12	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	81.53		92.46		86.78	
Peso del agua (g)	6.09		6.76		6.35	
Peso de la cápsula (g)	9.87		10.14		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.56		82.32		76.23	
% de humedad (%)	8.51		8.21		8.32	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.592		1.681		1.760	

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.399	1.399	1.102	1.611	1.611	1.269	1.795	1.795	1.414
48 hrs	1.470	1.470	1.158	1.682	1.682	1.325	1.894	1.894	1.491
72 hrs	1.484	1.484	1.169	1.696	1.696	1.336	1.908	1.908	1.503
96 hrs	1.484	1.484	1.169	1.696	1.696	1.336	1.908	1.908	1.503

<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION</b>									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0
0.025	10	111.53	37.1	1	170.25	56.7	2	262.56	87.5
0.050	17	170.25	56.7	3	296.13	98.7	5	455.69	151.9
0.075	27	254.16	84.7	4	422.09	140.7	6	606.96	202.3
0.100	40	363.30	121.1	6	564.93	188.3	8	774.02	258.0
0.125	52	464.09	154.7	7	682.63	227.6	10	943.48	314.5
0.150	65	573.33	191.1	9	800.40	266.8	12	1086.67	362.3
0.200	89	775.16	258.4	11	1002.43	334.2	15	1322.70	441.0
0.300	124	1069.82	356.6	14	1280.53	426.9	19	1626.54	542.3
0.400	144	1238.37	412.8	16	1449.25	483.2	21	1803.97	601.4
0.500	149	1280.53	426.9	17	1525.21	508.5	22	1888.52	629.6

**Fig. 58:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 3

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

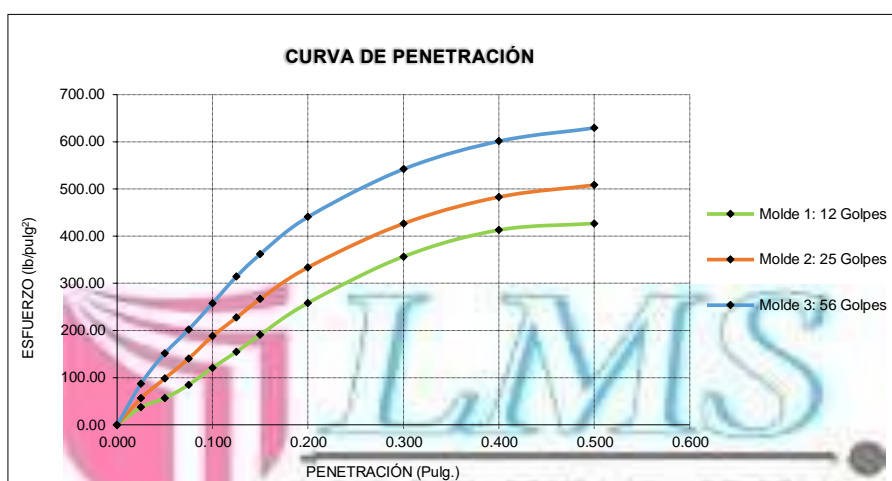
**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-3 / E-1 / MUESTRA 3 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



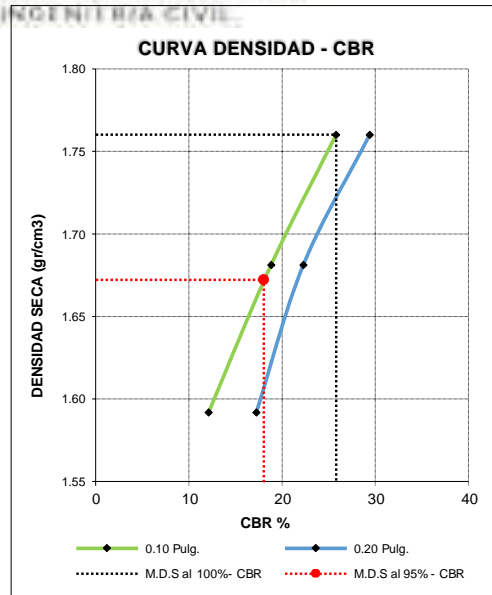
**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	121.13	100	12.11	1.592
2	0.100	188.36	100	18.84	1.681
3	0.100	258.07	100	25.81	1.760

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	258.45	150	17.23	1.592
2	0.200	334.23	150	22.28	1.681
3	0.200	441.01	150	29.40	1.760

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.760
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.672
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.32
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	25.81
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	18.03



**Fig. 59:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 3

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO  
ASTM D - 422**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

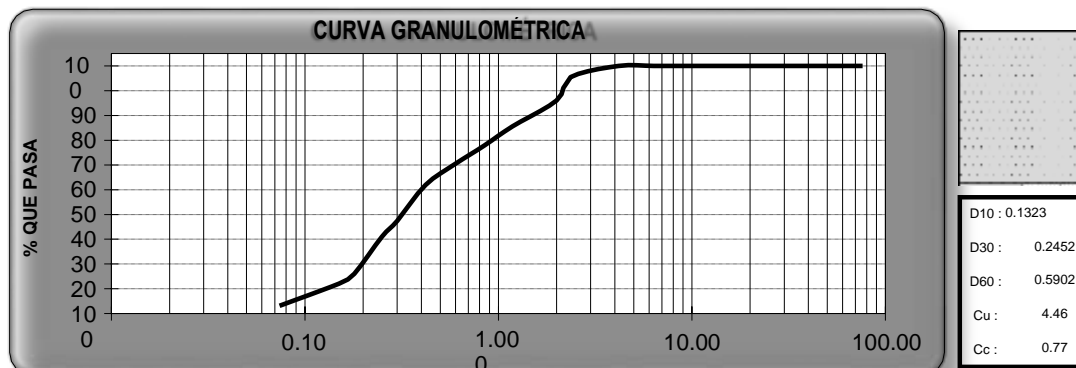
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1937.41  
 Peso perdido por lavado : 62.59

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.61%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : NP
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : NP NP
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad :
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
No.	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	
No.	2.360	90.31	4.52	4.52	95.48	Clas. SUCS : SP
No10	2.000	189.15	9.46	13.97	86.03	Clas. AASHTO : A-3 (0)
No10	1.180	209.39	10.47	24.44	75.56	<b>Descripción de la Muestra</b>
No20	0.850	152.31	7.62	32.06	67.94	
No30	0.600	149.57	7.48	39.54	60.46	SUCS: Arena mal graduada
No40	0.420	171.10	8.56	48.09	51.91	AASHTO: Arena fina / Excelente a bueno
No50	0.300	289.41	14.47	62.56	37.44	Tiene un % de finos de = 3.13%
No60	0.250	128.36	6.42	68.98	31.02	<b>Descripción de la Calicata</b>
No80	0.180	299.91	15.00	83.98	16.02	
No100	0.150	78.75	3.94	87.91	12.09	C-4 : E-1 Profundidad : 0.00 m - 1.50 m
No200	0.074	179.15	8.96	96.87	3.13	
< No200		62.59	3.13	100.00	0.00	
Tota		2000.00	100.00			



**Fig. 60:** Ficha de ensayo de Granulometría- Calicata N° 4

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

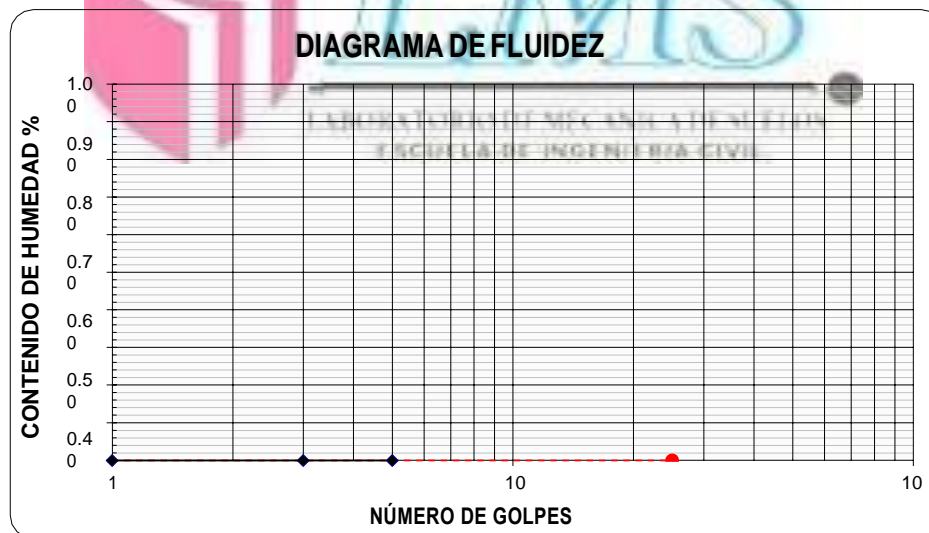
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>LÍMITES DE CONSISTENCIA</b>					
Descripción	Límite Líquido			Límite Plástico	
	NP	NP	NP	NP	NP
N° de golpes					
Peso de tara (g)					
Peso de tara + suelo húmedo (g)					
Peso tara + suelo seco (g)					
Contenido de Humedad %	NP	NP	NP	NP	NP
Límites %	NP			NP	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

**Fig. 61:** Ficha de ensayo de Límite de consistencia- Calicata N° 3

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	7.80	8.40	9.00
Peso del tarro + suelo humedo (g)	107.90	124.20	138.30
Peso del tarro + suelo seco (g)	106.30	122.70	135.90
Peso del suelo seco (g)	98.50	114.30	126.90
Peso del agua (g)	1.60	1.50	2.40
% de humedad (%)	1.62	1.31	1.89
% de humedad promedio (%)	<b>1.61</b>		

**Fig. 62:** Ficha de ensayo de Contenido de humedad - Calicata N° 4

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

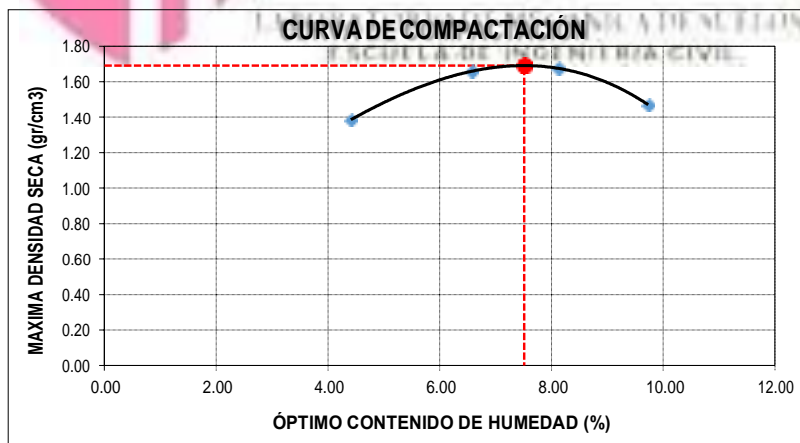
**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°		# 1	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)		563	5930	5970	578		
Peso del molde (g)		428	4280	4280	428		
Peso del suelo húmedo (g)		135	1650	1690	150		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )		1.4	1.77	1.81	1.6		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
Peso del suelo húmedo + tara (g)		95.4	105.89	91.85	118.0		
Peso del suelo seco + tara (g)		91.7	99.97	85.71	108.4		
Peso del agua (g)		3.6	5.93	6.13	9.5		
Peso de la tara (g)		9.4	9.90	10.17	10.0		
Peso del suelo seco (g)		82.3	90.07	75.54	98.4		
% de humedad (%)		4.4	6.58	8.12	9.7		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )		1.3	1.66	1.68	1.4		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.691
Óptimo contenido de humedad (%)	7.51

**Fig. 63:** Ficha de ensayo de Proctor Modificado - Calicata N° 4

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>ENSAYO DE CBR</b>						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11045		11225		11408	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3490		3670		3853	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.647		1.732		1.818	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	86.29		97.61		91.60	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	80.83		91.56		85.94	
Peso del agua (g)	5.46		6.05		5.66	
Peso de la cápsula (g)	9.82		9.98		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.01		81.58		75.39	
% de humedad (%)	7.69		7.42		7.51	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.529		1.612		1.691	

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.590	1.590	1.252	1.831	1.831	1.441	2.039	2.039	1.606
48 hrs	1.670	1.670	1.315	1.911	1.911	1.505	2.152	2.152	1.694
72 hrs	1.686	1.686	1.328	1.927	1.927	1.517	2.168	2.168	1.707
96 hrs	1.686	1.686	1.328	1.927	1.927	1.517	2.168	2.168	1.707

<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION</b>									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0
0.025	8	94.75	31.5	1	145.08	48.3	2	228.98	76.3
0.050	14	145.08	48.3	2	262.56	87.5	4	388.49	129.5
0.075	23	220.59	73.5	4	363.30	121.1	5	522.91	174.3
0.100	34	312.92	104.3	5	480.89	160.3	7	668.40	222.8
0.125	45	405.29	135.1	6	590.14	196.7	9	808.81	269.6
0.150	56	497.70	165.9	7	691.04	230.4	10	935.06	311.7
0.200	76	665.81	221.9	9	859.30	286.5	13	1137.22	379.1
0.300	106	918.23	306.1	12	1095.09	365.1	16	1390.18	463.5
0.400	123	1061.39	353.8	14	1238.37	412.8	18	1550.54	516.9
0.500	127	1095.09	365.1	15	1305.83	435.3	18	1618.09	539.5

**Fig. 64:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 4

**Fuente:** Elaboración propia



**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

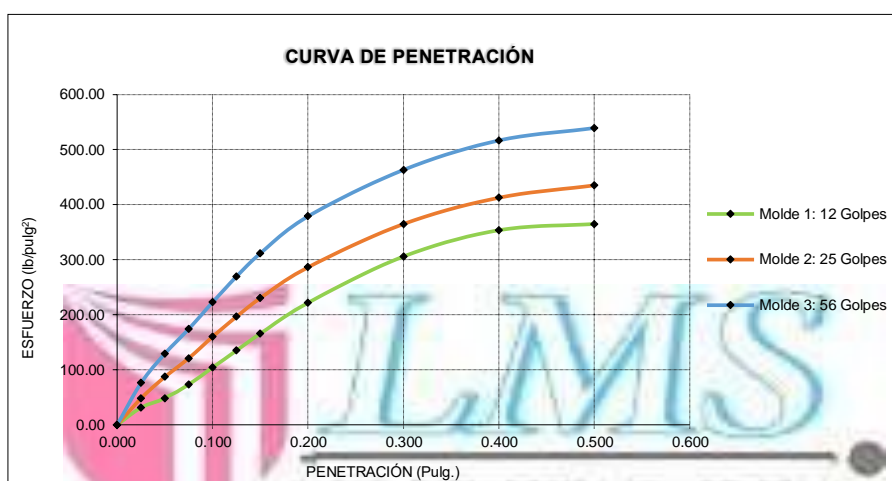
**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-4 / E-1 / MUESTRA 4 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



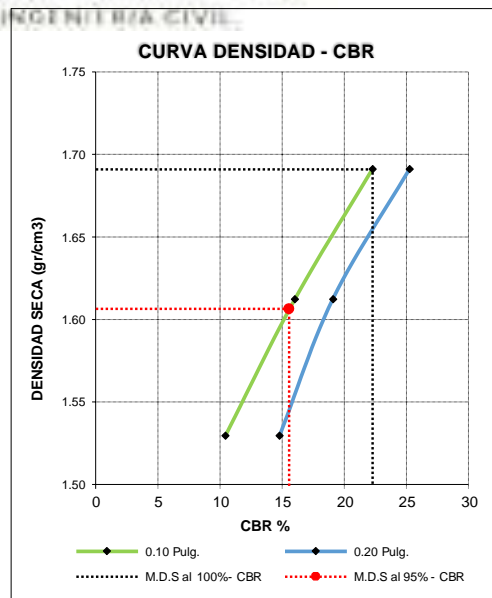
**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	104.33	100	10.43	1.529
2	0.100	160.34	100	16.03	1.612
3	0.100	222.86	100	22.29	1.691

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	221.99	150	14.80	1.529
2	0.200	286.51	150	19.10	1.612
3	0.200	379.17	150	25.28	1.691

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.691
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.606
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.51
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	22.29
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	15.56



**Fig. 65:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 4

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

---

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ASTM D - 422

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

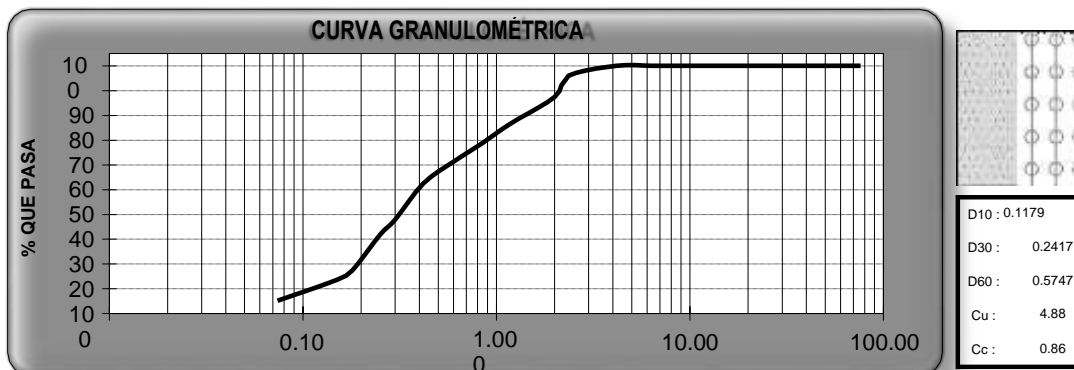
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1897.81  
 Peso perdido por lavado : 102.19

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	1.97%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
						<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 27
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 26
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 1
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SP-SM
No	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-2-4 (0)
No	2.360	80.31	4.02	4.02	95.98	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	171.99	8.60	12.62	87.39	SUCS: Arena mal graduada con limo
No10	1.180	215.79	10.79	23.40	76.60	AASHTO: Grava y arena limo o arcillosa / Excelente a bueno
No20	0.850	154.29	7.71	31.12	68.88	Tiene un % de finos de = 5.11%
No30	0.600	153.33	7.67	38.79	61.21	
No40	0.420	173.09	8.65	47.44	52.56	
No50	0.300	293.43	14.67	62.11	37.89	
No60	0.250	123.77	6.19	68.30	31.70	
No80	0.180	287.67	14.38	82.68	17.32	
No100	0.150	74.65	3.73	86.42	13.58	
No200	0.074	169.49	8.47	94.89	5.11	
< No200		102.19	5.11	100.00	0.00	
Tota		2000.00	100.00			<b>Descripción de la Calicata</b>
						C-5 : E-1
						Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



**Fig. 66:** Ficha de ensayo de Granulometría- Calicata N° 5

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

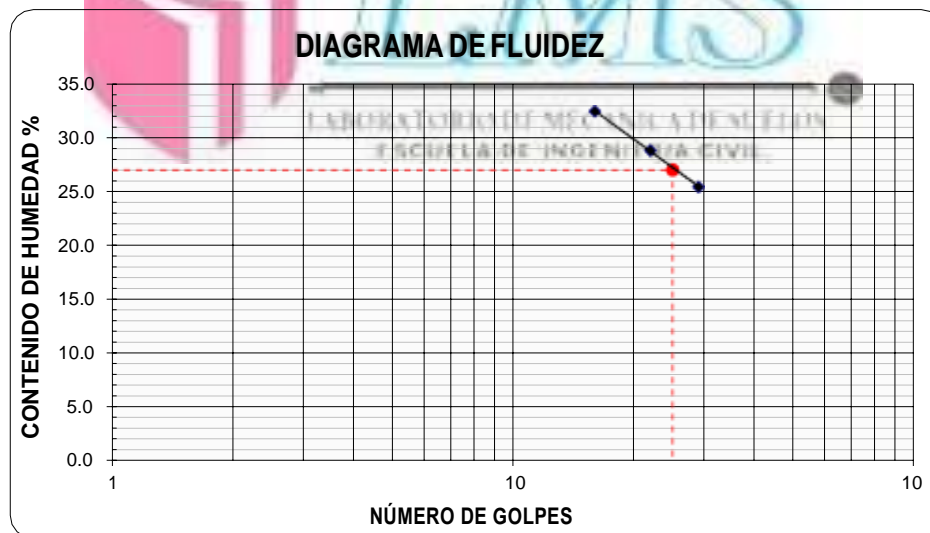
**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
	16	22	29	-	-
N° de golpes					
Peso de tara (g)	10.00	10.70	9.70	10.09	10.48
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.90	16.60	17.00	10.63	11.09
Peso tara + suelo seco (g)	13.70	15.28	15.52	10.52	10.96
Contenido de Humedad (%)	32.43	28.82	25.43	25.58	27.08
Límites (%)	27			26	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -11.760 \ln(x) + 65.093$$

**Fig. 67:** Ficha de ensayo de límite de Consistencia - Calicata N° 5

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**  
ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	9.60	11.30	9.70
Peso del tarro + suelo humedo (g)	124.50	128.60	129.40
Peso del tarro + suelo seco (g)	122.30	126.30	127.10
Peso del suelo seco (g)	112.70	115.00	117.40
Peso del agua (g)	2.20	2.30	2.30
% de humedad (%)	1.95	2.00	1.96
% de humedad promedio (%)	<b>1.97</b>		

**Fig. 68:** Ficha de ensayo de Contenido de Humedad- Calicata N° 5

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

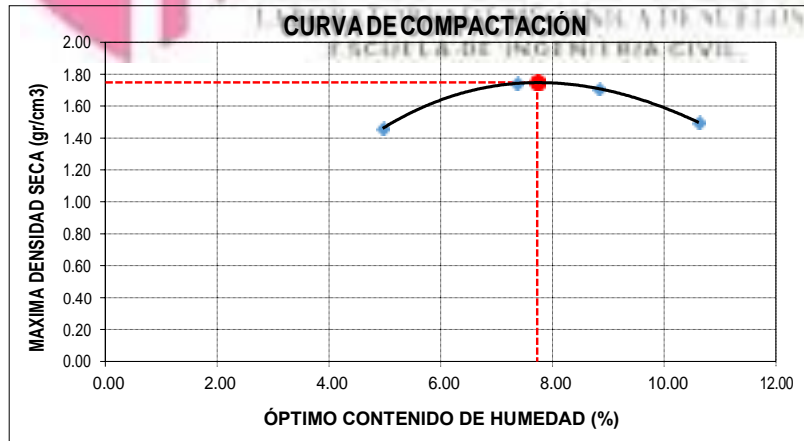
**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°		#	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)		571	6025	6015	582		
Peso del molde (g)		428	4280	4280	428		
Peso del suelo húmedo (g)		143	1745	1735	154		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )		1.5	1.87	1.86	1.6		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>							
Peso del suelo húmedo + tara (g)		96.7	107.59	92.54	118.8		
Peso del suelo seco + tara (g)		92.6	100.90	85.86	108.4		
Peso del agua (g)		4.1	6.69	6.68	10.4		
Peso de la tara (g)		9.6	10.06	10.25	10.1		
Peso del suelo seco (g)		83.0	90.84	75.61	98.3		
% de humedad (%)		4.9	7.36	8.84	10.6		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )		1.4	1.74	1.71	1.5		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.749
Óptimo contenido de humedad (%)	7.73

**Fig. 69:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 5

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>ENSAYO DE CBR</b>						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	11105		11330		11548	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3550		3775		3993	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.675		1.782		1.884	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	86.76		98.52		92.48	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	81.35		92.15		86.60	
Peso del agua (g)	5.40		6.38		5.88	
Peso de la cápsula (g)	9.87		10.07		10.55	
Peso del suelo seco (g)	71.48		82.08		76.05	
% de humedad (%)	7.56		7.77		7.73	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.558		1.653		1.749	

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.544	1.544	1.216	1.584	1.584	1.247	1.759	1.759	1.385
48 hrs	1.611	1.611	1.269	1.665	1.665	1.311	1.866	1.866	1.469
72 hrs	1.625	1.625	1.279	1.678	1.678	1.321	1.880	1.880	1.480
96 hrs	1.625	1.625	1.279	1.678	1.678	1.321	1.880	1.880	1.480

<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION</b>									
PENETRACIÓN Pulg.	LECTURA DIAL	MOLDE 1 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 2 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>	LECTURA DIAL	MOLDE 3 lbs	ESFUERZO lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0
0.025	9	103.14	34.3	11	153.47	51.1	2	237.38	79.1
0.050	15	153.47	51.1	2	262.56	87.5	4	396.89	132.3
0.075	24	228.98	76.3	4	371.70	123.9	6	539.71	179.9
0.100	35	321.32	107.1	5	497.70	165.9	7	683.14	227.7
0.125	46	413.69	137.9	6	598.55	199.5	9	825.64	275.2
0.150	57	506.10	168.7	8	707.86	236.0	11	951.90	317.3
0.200	78	682.63	227.6	10	884.55	294.9	13	1162.50	387.6
0.300	108	935.06	311.7	13	1120.37	373.5	16	1423.93	474.7
0.400	126	1086.67	362.3	14	1272.10	424.1	18	1584.31	528.2
0.500	130	1120.37	373.5	15	1331.13	443.8	19	1660.32	553.5

**Fig. 70:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 5

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

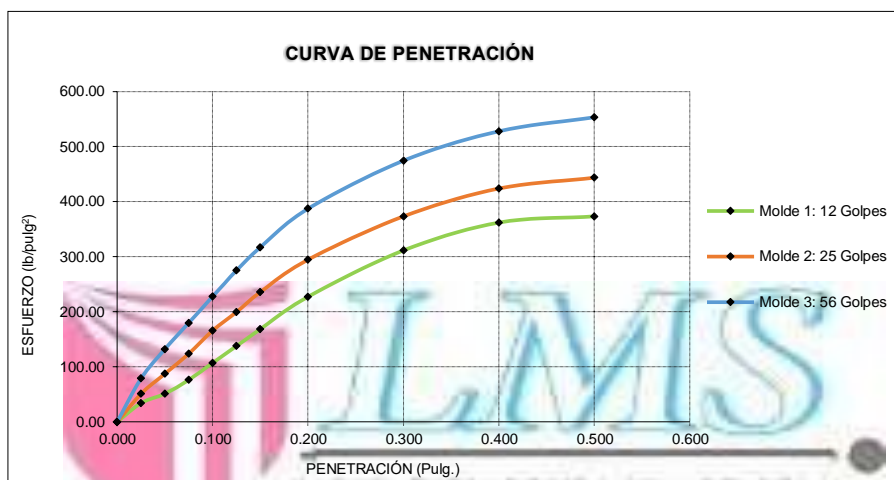
**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-5 / E-1 / MUESTRA 5 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



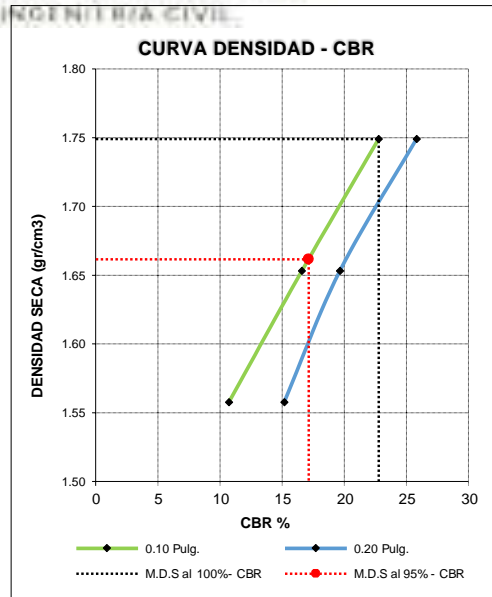
**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	107.13	100	10.71	1.558
2	0.100	165.94	100	16.59	1.653
3	0.100	227.77	100	22.78	1.749

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	227.60	150	15.17	1.558
2	0.200	294.92	150	19.66	1.653
3	0.200	387.60	150	25.84	1.749

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.749
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.662
Óptimo contenido de humedad	(%)	7.73
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	22.78
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	17.14



**Fig. 71: Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 5**

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

---

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**

ASTM D - 422

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

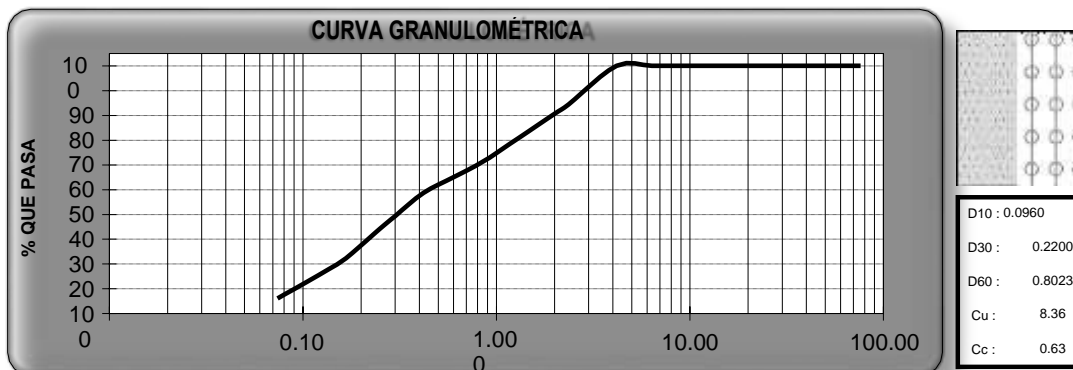
**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**DATOS DEL ENSAYO**

Peso de muestra seca : 2000.00  
 Peso de muestra seca luego de lavado : 1879.60  
 Peso perdido por lavado : 120.40

Tamices ASTM	Abertura (mm)	Peso Retenido	%Retenido Parcial	%Retenido Acumulado	%Que Pasa	Contenido de Humedad
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	2.50%
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.600	0.00	0.00	0.00	100.00	
						<b>Limites e Índices de Consistencia</b>
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 27
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Plástico : 26
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	Ind. Plasticidad : 1
1/2"	12.700	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	<b>Clasificación de la Muestra</b>
1/4"	6.350	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. SUCS : SP-SM
No	4.178	0.00	0.00	0.00	100.00	Clas. AASHTO : A-1-b (0)
No	2.360	312.44	15.62	15.62	84.38	<b>Descripción de la Muestra</b>
No10	2.000	75.09	3.75	19.38	80.62	SUCS: Arena mal graduada con limo
No10	1.180	240.85	12.04	31.42	68.58	AASHTO: Fragmentos de roca, grava y arena / Excelente a bueno
No20	0.850	147.86	7.39	38.81	61.19	Tiene un % de finos de = 6.02%
No30	0.600	124.61	6.23	45.04	54.96	
No40	0.420	125.96	6.30	51.34	48.66	
No50	0.300	186.52	9.33	60.67	39.33	
No60	0.250	102.93	5.15	65.81	34.19	
No80	0.180	195.71	9.79	75.60	24.40	
No100	0.150	92.39	4.62	80.22	19.78	
No200	0.074	275.24	13.76	93.98	6.02	
< No200		120.40	6.02	100.00	0.00	
Tota		2000.00	100.00			<b>Descripción de la Calicata</b>
						C-6 : E-1
						Profundidad : 0.00 m - 1.50 m



**Fig. 72:** Ficha de ensayo de Granulometría- Calicata N° 6

**Fuente:** Elaboración propia



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**LÍMITES DE CONSISTENCIA  
ASTM D - 4318**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

LÍMITES DE CONSISTENCIA					
Descripción	Limite Líquido			Limite Plástico	
N° de golpes	18	2	30	-	-
Peso de tara (g)	10.10	9.8	10.80	9.76	9.84
Peso de tara + suelo húmedo (g)	14.40	15.5	16.00	10.32	10.17
Peso tara + suelo seco (g)	13.38	14.2	14.99	10.21	10.10
Contenido de Humedad %	31.10	27.5	24.11	24.44	26.92
Límites %	27			26	



**ECUACIÓN DE LA RECTA**

(Elaborada a partir de los datos de los ensayos)

$$y = -13.630 \ln(x) + 70.597$$

**Fig. 73:** Ficha de ensayo de Límite de Consistencia- Calicata N° 6

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D - 2216**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

ASTM D-2216

Descripción	Muestra 01	Muestra 02	Muestra 03
Peso del tarro (g)	9.30	11.40	10.19
Peso del tarro + suelo humedo (g)	124.80	114.80	123.60
Peso del tarro + suelo seco (g)	121.90	112.30	120.90
Peso del suelo seco (g)	112.60	100.90	110.71
Peso del agua (g)	2.90	2.50	2.70
% de humedad (%)	2.58	2.48	2.44
% de humedad promedio (%)	<b>2.50</b>		

**Fig. 74:** Ficha de ensayo de Contenido de Humedad - Calicata N° 6

**Fuente:** Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**PROCTOR MODIFICADO: MÉTODO A  
ASTM D - 1557**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

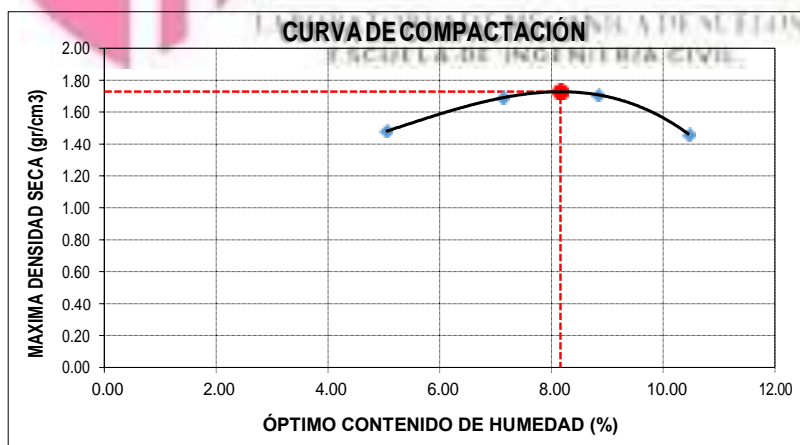
**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

Molde N°	S-3
Peso del molde (g)	4280
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	933
N° de capas	5
N° de golpes por capa	25

MUESTRA N°	#	# 2	# 3	# 4	# 5	# 6
Peso del suelo húmedo + molde (g)	573	5970	6015	578		
Peso del molde (g)	428	4280	4280	428		
Peso del suelo húmedo (g)	145	1690	1735	150		
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.5	1.81	1.86	1.6		
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + tara (g)	97.1	106.61	92.54	118.0		
Peso del suelo seco + tara (g)	92.9	100.18	85.86	107.8		
Peso del agua (g)	4.2	6.43	6.68	10.2		
Peso de la tara (g)	9.6	9.97	10.25	10.0		
Peso del suelo seco (g)	83.2	90.21	75.61	97.7		
% de humedad (%)	5.0	7.13	8.84	10.4		
Densidad del suelo seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.44	1.69	1.71	1.4		



Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.729
Óptimo contenido de humedad (%)	8.16

**Fig. 75:** Ficha de ensayo de Proctor Modificado- Calicata N° 6

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION  
ASTM D-1883**

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)

<b>ENSAYO DE CBR</b>						
ESTADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO	SIN SATURAR	SATURADO
MOLDE	MOLDE 01		MOLDE 02		MOLDE 03	
N° DE GOLPES POR CAPA	12		25		56	
SOBRECARGA (g)	4530		4530		4530	
Peso del suelo húmedo + molde (g)	10990		11230		11517	
Peso del molde (g)	7555		7555		7555	
Peso del suelo húmedo (g)	3435		3675		3962	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2119	
Volumen del disco espaciador (cm <sup>3</sup> )	1085		1085		1085	
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	1.621		1.734		1.870	
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
Peso del suelo húmedo + cápsula (g)	85.86		97.65		91.72	
Peso del suelo seco + cápsula (g)	80.18		90.90		85.60	
Peso del agua (g)	5.68		6.76		6.13	
Peso de la cápsula (g)	9.77		9.98		10.55	
Peso del suelo seco (g)	70.41		80.91		75.05	
% de humedad (%)	8.07		8.35		8.16	
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.500		1.601		1.729	

<b>ENSAYO DE EXPANSION</b>									
TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	1.321	1.321	1.040	1.503	1.503	1.184	1.762	1.762	1.387
48 hrs	1.458	1.458	1.148	1.594	1.594	1.255	1.868	1.868	1.471
72 hrs	1.473	1.473	1.160	1.610	1.610	1.267	1.898	1.898	1.495
96 hrs	1.473	1.473	1.160	1.610	1.610	1.267	1.898	1.898	1.495

<b>ENSAYO DE CARGA PENETRACION</b>									
PENETRACIÓN	LECTURA DIAL	MOLDE 1	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 2	ESFUERZO	LECTURA DIAL	MOLDE 3	ESFUERZO
Pulg.	DIAL	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	DIAL	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>	DIAL	lbs	lbs/pulg <sup>2</sup>
0.000	0	0.00	0.0		0.00	0.0		0.00	0.0
0.025	9	103.14	34.3	11	153.47	51.1	2	245.77	81.9
0.050	15	153.47	51.1	3	279.34	93.1	4	413.69	137.9
0.075	24	228.98	76.3	4	380.10	126.7	6	556.52	185.5
0.100	36	329.71	109.9	5	514.50	171.5	8	709.18	236.4
0.125	48	430.49	143.5	7	623.77	207.9	9	859.30	286.5
0.150	59	522.91	174.3	8	733.09	244.4	11	985.59	328.6
0.200	81	707.86	236.0	10	909.81	303.3	14	1204.65	401.6
0.300	112	968.74	323.0	13	1162.50	387.6	17	1474.56	491.6
0.400	130	1120.37	373.5	15	1314.26	438.2	19	1643.43	547.9
0.500	135	1162.50	387.6	16	1381.74	460.7	20	1719.46	573.3

**Fig. 76:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 6

Fuente: Elaboración propia

**LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES**

**ENSAYO DE CBR Y EXPANSION**

ASTM D-1883

**PROYECTO** : CORRELACIÓN ENTRE EL CBR Y EL PDC, EN LA DETERMINACIÓN DE LA RESISTENCIA DEL SUELO EN LA LOCALIDAD DE MOCHE

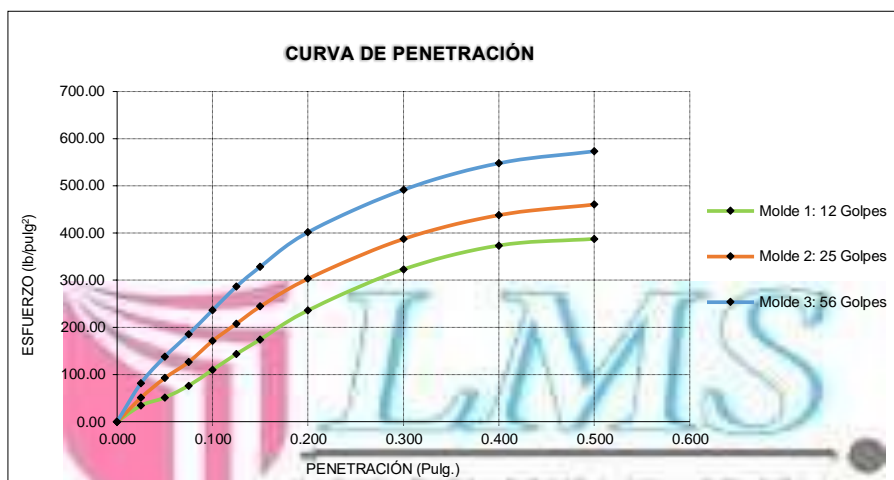
**SOLICITANTE** : BAZÁN GALARRETA, ANGHELA MICHELLY - PRADO HOLGUÍN, KHRISTY SHARIS

**RESPONSABLE** : ING. BRYAN EMANUEL CÁRDENAS SALDAÑA

**UBICACIÓN** : VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

**FECHA** : NOVIEMBRE DEL 2019 (A LA FECHA NO SE PRESENTÓ AGUA A LA PROFUNDIDAD DE EXCAVACIÓN)

**MUESTRA** : C-6 / E-1 / MUESTRA 6 / (MUESTRA EXTRAÍDA Y TRANSPORTADA POR EL SOLICITANTE)



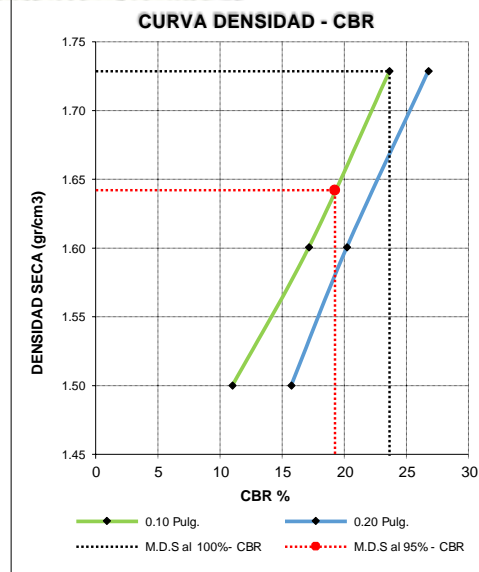
**VALORES CORREGIDOS**

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.100	109.93	100	10.99	1.500
2	0.100	171.54	100	17.15	1.601
3	0.100	236.45	100	23.65	1.729

MOLDE N°	PENETRACIÓN (pulg.)	PRESIÓN APLICADA (lbs/pulg²)	PRESIÓN PATRÓN (lbs/pulg²)	CBR (%)	DENSIDAD SECA (g/cm³)
1	0.200	236.01	150	15.73	1.500
2	0.200	303.34	150	20.22	1.601
3	0.200	401.65	150	26.78	1.729

**RESULTADOS DEL ENSAYO**

Máxima densidad seca al 100%	(g/cm³)	1.729
Máxima densidad seca al 95%	(g/cm³)	1.642
Óptimo contenido de humedad	(%)	8.16
CBR al 100% de la Máxima densidad seca	(%)	23.65
CBR al 95% de la Máxima densidad seca	(%)	19.26



**Fig. 77:** Ficha de ensayo de CBR- Calicata N° 6

Fuente: Elaboración propia

Número de golpes	Número de golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
A		B	C	D	E
0	0	15	0	0	0
5	5	200	25	5	1
5	10	330	130	26	1
15	25	530	200	13	1
10	35	640	110	11	1
5	40	680	40	8	1
5	45	730	50	10	1
10	55	770	40	4	1
5	60	790	20	4	1
5	65	810	20	4	1
5	70	830	20	4	1
5	75	850	20	4	1

**Fig. 78:** Libreta de Campo de PDC- Calicata N° 1

**Fuente:** Elaboración propia

Número de golpes	Número de golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
0	0	31	0	0	0
5	5	260	25	5	1
5	10	340	8	2	1
15	25	550	21	1	1
10	35	640	9	1	1
5	40	675	3.5	1	1
5	45	720	4.5	1	1
10	55	760	4	0	1
5	60	790	3	1	1
5	65	820	3	1	1
5	70	850	3	1	1
5	75	890	4	1	1

**Fig. 79:** Libreta de Campo de PDC- Calicata N° 2

**Fuente:** Elaboración propia

Número de golpes	Número de golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
0	0	10	0	0	0
5	5	190	25	5	1
5	10	320	13	3	1
15	25	540	22	1	1
10	35	670	13	1	1
5	40	720	5	1	1
5	45	755	3.5	1	1
10	55	790	3.5	0	1
5	60	805	1.5	0	1
5	65	830	2.5	1	1
5	70	850	2	0	1
5	75	870	2	0	1

**Fig. 80:** Libreta de Campo de PDC- Calicata N° 3

**Fuente:** Elaboración propia

Número de golpes	Número de golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
0	0	10	0	0	0
5	5	235	25	5	1
5	10	350	9	2	1
15	25	560	21	1	1
10	35	680	12	1	1
5	40	730	5	1	1
5	45	750	2	0	1
10	55	790	4	0	1
5	60	800	1	0	1
5	65	820	2	0	1
5	70	830	1	0	1
5	75	840	1	0	1

**Fig. 81:** Libreta de Campo de PDC- Calicata N° 4

**Fuente:** Elaboración propia

Número de golpes	Número de golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
0	0	30	0	0	0
5	5	230	25	5	1
5	10	380	15	3	1
15	25	540	16	1	1
10	35	650	11	1	1
5	40	720	7	1	1
5	45	780	6	1	1
10	55	810	3	0	1
5	60	830	2	0	1
5	65	845	1.5	0	1
5	70	860	1.5	0	1
5	75	885	2.5	1	1

**Fig. 82:** Libreta de Campo de PDC- Calicata N° 5

**Fuente:** Elaboración propia

Número de golpes	Número de golpes acumulados	Penetración acumulada (mm)	Penetración entre lecturas (mm)	Penetración por golpes (mm)	Factor del martillo
0	0	35	0	0	0
5	5	250	25	5	1
5	10	340	90	18	1
15	25	560	220	15	1
10	35	670	110	11	1
5	40	700	30	6	1
5	45	725	25	5	1
10	55	755	30	3	1
5	60	780	25	5	1
5	65	800	20	4	1
5	70	810	10	2	1
5	75	820	10	2	1

**Fig. 83:** Libreta de Campo de PDC- Calicata N° 6

**Fuente:** Elaboración propia