



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

# FACULTAD DE INGENIERÍA

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

INFLUENCIA DE LA CAL Y EL CEMENTO PORTLAND  
TIPO I EN LA SUBRASANTE DE LA TROCHA DEL  
DISTRITO DE CHILLIA, PROVINCIA DE PATAZ - 2019

Tesis para optar el título profesional de:

**Ingeniera Civil**

**Autor:**

Br. Cinthia Karel Gongora Velasquez

**Asesor:**

Ing. Josualdo Carlos Villar Quiroz

Trujillo – Perú

2019

## DEDICATORIA

Se llegó el gran día donde concluyo uno de los logros de mi vida y como olvidar a las personas que estuvieron atrás mío para alcanzarlo. En primer lugar, mi madre Filomena Velásquez Vera, por ser esa piedrita en la cimentación de mi familia tan luchadora e incansable, a mis hermanas por ser ese apoyo incondicional y la barrera para que los problemas no me derrumben, a mi hermano por ser el padre y amigo que siempre necesite, a mis gemelos por ser mi motivo para despertarme cada mañana y querer alcanzar algo más y como olvidar a mi sobrinitos Jorge David y Cielo que llegaron a mi vida y sin decir ni una palabra se hicieron parte de mis sueños. Como no agradecerle a Dios cada día, si me dio el amor más bonito que se puede tener y es mi familia.

*Cinthia Karel Gongora Velasquez*

## AGRADECIMIENTO

En primer lugar, agradecida con Dios por haberme dado la madurez y perseverancia para permanecer firme durante estos 5 años de mi carrera universitaria, a mis queridas coordinadoras de PRONABEC por cada consejo, enojo, llamada de atención, alago, abraso o felicitación si me lo merecía, gracias por haber caminado a mi costado durante este tiempo. Agradecida con los ingenieros que tuve como docentes por brindarme su conocimiento y apoyarme cuando sentía que esta carrera era muy difícil para mí, a usted ing. Josualdo Villar Quiroz por haberme guiado desde proyecto de tesis hasta la culminación de esta. Terminando quiero agradecer a los amigos y compañeros que conocí desde el inicio de mi carrera, con quienes tuve la suerte de compartir arduas horas de estudio, desveladas, discusiones por trabajos y muchas anécdotas más. Gracias por todo familia, amigos, compañeros y profesores, estoy segura que este es solo un paso que estamos dejando para encontrarnos en otro más grande.

*Cinthia Karel Gongora Velasquez*

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS.....	6
ÍNDICE DE FIGURAS .....	8
ÍNDICE DE ECUACIONES .....	9
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.1. Realidad problemática.....	12
1.1.1. Problema de la investigación.....	12
1.1.2. Antecedentes.....	16
1.1.3. Bases Teóricas .....	21
1.2. Formulación del problema .....	46
1.3. Objetivos.....	48
1.3.1. Objetivo General.....	48
1.3.2. Objetivos Específicos .....	48
1.4. Hipótesis .....	48
1.4.1. Hipótesis General .....	48
1.4.2. Hipótesis Específicas .....	49
CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA.....	50
2.1. Tipo de Investigación.....	50
2.1.1. Operacionalización de Variables .....	50
2.1.2. Diseño de Investigación.....	51
2.2. Población y Muestra (Materiales, Instrumentos y Métodos) .....	51
2.2.1. Unidad de Estudio .....	51
2.2.2. Población .....	51
2.2.3. Muestra.....	51
2.3. Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos .....	53
2.3.1. Técnicas de Recolección de Datos .....	53
2.3.2. Instrumentos de Recolección de Datos.....	53
2.3.3. Instrumentos de Análisis de Datos .....	54
2.4. Procedimiento.....	54
2.4.1. Procedimiento de Recolección de Datos .....	54
2.4.2. Procedimiento de Análisis de Datos .....	72
2.4.3. Lugar del Desarrollo de Tesis .....	73
CAPÍTULO 3. RESULTADOS .....	77

3.1	Ensayos para Clasificar el Suelo .....	77
3.1.1	Contenido de Humedad .....	77
3.1.2	Gravedad Específica de Suelos.....	78
3.1.3	Análisis Granulométrico de los Suelos por Tamizado.....	78
3.1.4	Análisis Granulométrico de los Suelos por Lavado.....	79
3.1.5	Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP).....	80
3.1.6	Clasificación del Suelo - Sistema SUCS .....	80
3.1.7	Clasificación del Suelo - Sistema AASHTO .....	81
3.2	Ensayos Realizados a las Muestras Patrón.....	81
3.2.1	Proctor Modificado.....	81
3.2.2	Ensayos CBR realizados al suelo adicionando Cal y Cemento Portland tipo I.....	83
CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES.....		85
4.1	Discusión.....	85
4.1.1	Contenido de Humedad de Todas las Muestras Estudiadas .....	85
4.1.2	Gravedad Específica de Suelos.....	86
4.1.3	Análisis Granulometría de los Suelos por Tamizado.....	87
4.1.4	Análisis Granulometría de los Suelos por Lavado.....	90
4.1.5	Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP).....	92
4.1.6	Clasificación de suelo SUCS Y AASHTO.....	93
4.1.7	Proctor Modificado.....	94
4.1.8	CBR del Suelo – CBR 2% Conglomerante y CBR 4% Conglomerante para la C3- Estrato. 1.50 m y Estrato 0.80 m .....	97
4.1.9	Validación de Hipótesis Mediante Análisis Estadístico .....	100
4.2	CONCLUSIONES .....	104
RECOMENDACIONES .....		105
REFERENCIAS .....		106
ANEXOS.....		109

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Clasificación por demanda.....	21
<b>Tabla 2:</b> Clasificación por orografía.....	22
<b>Tabla 3:</b> Número de calcatas dependiendo el tipo de carretera.....	23
<b>Tabla 4:</b> Número de ensayos Mr y CBR.....	25
<b>Tabla 5:</b> Gravedad Específica de suelos.....	26
<b>Tabla 6:</b> Tamices y aberturas para análisis granulométrico.....	27
<b>Tabla 7:</b> Clasificación de suelos según tamaño de partículas.....	27
<b>Tabla 8:</b> Clasificación de suelo según su IP.....	29
<b>Tabla 9:</b> Clasificación de suelo según su índice de grupo.....	30
<b>Tabla 10:</b> Clasificación de suelos AASHTO.....	31
<b>Tabla 11:</b> Clasificación de suelos SUCS ASTM D2487.....	36
<b>Tabla 12:</b> Clasificación de suelos SUCS ASTM D2487.....	36
<b>Tabla 13:</b> Condiciones para ensayo proctor modificado.....	35
<b>Tabla 14:</b> Categorías de subrasante CBR.....	38
<b>Tabla 15:</b> Hipótesis de la investigación.....	49
<b>Tabla 16:</b> Operacionalización de variables.....	50
<b>Tabla 17:</b> Población de la investigación.....	53
<b>Tabla 18:</b> Resultados de los ensayos de Contenido de Humedad.....	77
<b>Tabla 19:</b> Resultados de los ensayos de Gravedad Específica.....	78
<b>Tabla 20:</b> Resultados de los ensayos de Granulometría por Tamizado Cu, Cc.....	78
<b>Tabla 21:</b> Resultados de los ensayos de Granulometría por Tamizado.....	79
<b>Tabla 22:</b> Resultados de los ensayos de Granulometría por Lavado.....	79
<b>Tabla 23:</b> Resultados de los ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad.....	80
<b>Tabla 24:</b> Resultados de la Clasificación del Suelo - Sistema SUCS.....	80
<b>Tabla 25:</b> Resultados de la Clasificación del Suelo - Sistema AASHTO.....	81
<b>Tabla 26:</b> Resultados de los ensayos de Proctor Modificado C3- Est. 0.80 m.....	81
<b>Tabla 27:</b> Resultados de los ensayos de Proctor Modificado C3- Est. 1.50 m.....	82
<b>Tabla 28:</b> Dosificación de materiales para especímenes de CBR con 2% de Estabilizante.....	83
<b>Tabla 29:</b> Dosificación de materiales para especímenes de CBR con 4% de Estabilizante.....	83
<b>Tabla 30:</b> Resultados de los ensayos CBR en C3 - Est. 0.80 m.....	83
<b>Tabla 31:</b> Resultados de los ensayos CBR en C3 - Est. 1.50 m.....	84
<b>Tabla 32:</b> Resultados del ensayo CBR de diseño para C3 - Est. 0.80 m y Est. 1.50 m.....	84
<b>Tabla 33:</b> Prueba de Normalidad de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m.....	100

<b>Tabla 34:</b> Prueba de Normalidad de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m.....	100
<b>Tabla 35:</b> Análisis de Homogeneidad de Varianzas de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m.....	101
<b>Tabla 36:</b> Análisis de Homogeneidad de Varianzas de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m.....	101
<b>Tabla 37:</b> Análisis de Varianza (ANOVA) de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m.....	101
<b>Tabla 38:</b> Análisis de Varianza (ANOVA) de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m.....	101
<b>Tabla 39:</b> Prueba de Turkey de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m.....	102
<b>Tabla 40:</b> Prueba de Turkey de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m.....	102
<b>Tabla 41:</b> Comparaciones Múltiples de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m .....	103
<b>Tabla 42:</b> Comparaciones Múltiples de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m .....	103

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 1:</b> Curva de ensayo de granulométrica por tamizado	28
<b>Ilustración 2:</b> Carta de plasticidad de Casagrande para suelos	35
<b>Ilustración 3:</b> Equipos utilizados para ensayo CBR	37
<b>Ilustración 4:</b> Procedimiento esquemático del procedimiento de la investigación	56
<b>Ilustración 5:</b> Obtención del material en campo	57
<b>Ilustración 6:</b> Muestras del ensayo contenido de humedad	58
<b>Ilustración 7:</b> Ensayo de gravedad específica del suelo	59
<b>Ilustración 8:</b> Ensayo de granulometría por tamizado	60
<b>Ilustración 9:</b> Ensayo de granulometría por lavado	61
<b>Ilustración 10:</b> Ensayo de límite líquido	63
<b>Ilustración 11:</b> Ensayo de límite plástico de un suelo	64
<b>Ilustración 12:</b> Ensayo proctor modificado de un suelo	67
<b>Ilustración 13:</b> Ensayo CBR de un suelo	69
<b>Ilustración 14:</b> Compactación del suelo para ensayo CBR	70
<b>Ilustración 15:</b> Midiendo el hinchamiento del suelo para ensayo CBR	70
<b>Ilustración 16:</b> Espécimen en la maquina CBR	71
<b>Ilustración 17:</b> Desarrollo de las dimensiones de la tesis	77
<b>Ilustración 18:</b> Gráfica de ensayo Proctor Modificado C3-Estrato. 0.80 m	82
<b>Ilustración 19:</b> Gráfica de ensayo Proctor Modificado C3-Estrato. 1.50 m	82
<b>Ilustración 20:</b> Análisis de resultados de Contenido de Humedad de todas las muestras	85
<b>Ilustración 21:</b> Análisis de resultados de Gravedad Específica de todas las muestras	86
<b>Ilustración 22:</b> Análisis de resultados de Granulometría de la C1, C2, C3, C4 para el Est. 1.50m	88
<b>Ilustración 23:</b> Curva Granulometría de la C2 - Est. 1.50m	88
<b>Ilustración 24:</b> Análisis de resultados de Granulometría de la C1, C2, C3, C4 para estrato 2 y 3	89
<b>Ilustración 25:</b> Curva Granulometría de la C2 - Est. 0.45m	89
<b>Ilustración 26:</b> Análisis de resultados de Granulometría de la C1, C2, C3, C4 para el Est. 1.50m	91
<b>Ilustración 27:</b> Curva Granulometría de la C2 - Est. 1.50m	91
<b>Ilustración 28:</b> Análisis de resultados de Índice Plástico de todas las muestras	93
<b>Ilustración 29:</b> Comparación de la Máxima Densidad Seca	96
<b>Ilustración 30:</b> Comparación del Contenido de Humedad Óptimo	96
<b>Ilustración 31:</b> Ensayo de hinchamiento para C3-Es. 1.50 m	98
<b>Ilustración 32:</b> Análisis de resultados de CBR natural - CBR 2% Cemento Vs CBR 2% Cal - 4% Cemento Vs 4% Cal para C3- Est. 1.50 m	CBR 98
<b>Ilustración 33:</b> Análisis de resultados de CBR natural - CBR 2% Cemento Vs CBR 2% Cal - 4% Cemento Vs 4% Cal para C3- Est. 0.80 m	CBR 99

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1:</b> Contenido de humedad.....	58
<b>Ecuación 2:</b> Peso específico del material fino.....	59
<b>Ecuación 3:</b> Peso específico de material grueso.....	59
<b>Ecuación 4:</b> Porcentaje retenido en cada tamiz.....	60
<b>Ecuación 5:</b> Porcentaje acumulado en cada tamiz.....	61
<b>Ecuación 6:</b> Porcentaje acumulado que pasa en cada tamiz.....	61
<b>Ecuación 7:</b> Coeficiente de Uniformidad Cu.....	61
<b>Ecuación 8:</b> Coeficiente de Uniformidad Cc.....	61
<b>Ecuación 9:</b> Porcentaje retenido en cada tamiz:.....	62
<b>Ecuación 10:</b> Porcentaje acumulado en cada tamiz.....	62
<b>Ecuación 11:</b> Límite líquido de un suelo.....	63
<b>Ecuación 12:</b> Límite líquido a 25 golpes.....	63
<b>Ecuación 13:</b> Limite Plástico.....	65
<b>Ecuación 14:</b> Índice de Plasticidad IP.....	65
<b>Ecuación 15:</b> Índice de grupo para la clasificación del suelo.....	66
<b>Ecuación 16:</b> Densidad Seca.....	67
<b>Ecuación 17:</b> Expansión del suelo.....	71
<b>Ecuación 18:</b> Capacidad de soporte del suelo.....	72

## RESUMEN

El principal ente de interacción entre las ciudades y los pueblos son las carreteras, en nuestro país en la parte sierra más del 50% no cuentan con pavimentos, una de las razones es porque se tiene suelos deficientes. La presente investigación se realizó en Trujillo, en la Universidad Privada del Norte, tiene como propósito determinar la influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, para la ejecución de la tesis se utilizó un diseño de tipo experimental bifactorial, el muestreo fue no probabilístico, la técnica de recolección de datos fue la observación, el instrumento fue la ficha de observación, el análisis y proceso de datos se ejecuta mediante el método de inferencia estadística. Esta investigación estudia a 4 calicatas obtenidas de los 4km de trocha, a todas estas muestras se les clasifica por el tipo de suelo que presenten y a la calicata 3 se le realiza el ensayo CBR utilizando 30 especímenes, entre los cuales están los que tienen 2% de cal Vs 2% cemento portland tipo I y los especímenes con 4% de cal Vs 4% de cemento portland tipo I aplicando las Normas Técnicas Peruanas. Finalmente se determinó que el suelo de esta trocha es arenoso limoso bien graduado con limos de baja plasticidad según AASHTO y SUCS, así también se logró establecer que con el 4% de cemento portland tipo I se aumenta el CBR natural de 2.77% a 57.33% convirtiendo la subrasante de inadecuada a excelente, lo mismo sucede con el 2% de cemento; pero lo contrario le sucede al suelo cuando se le adiciona el 2% y 4% de cal, que solo logra aumentar hasta 3.73% modificando la subrasante de inadecuada a pobre.

**Palabras clave:** Cal, Cemento Portland tipo I, Subrasante, Trocha, Estabilización, CBR.

## ABSTRACT

The main entity of interaction between cities and towns are roads, in our country in the Sierra more than 50% do not have pavements, one of the reasons is because you have deficient soils. The present investigation was carried out in Trujillo, at the Universidad Privada del Norte, whose purpose is to determine the influence of lime and portland type I cement in the subgrade of the Chillia district gauge, for the execution of the thesis a bifactorial experimental type design, sampling was non-probabilistic, the technique of data collection was the observation, the instrument was the observation card, the analysis and data processing is executed by means of the statistical inference method. This investigation studies 4 pits obtained from the 4km of gauge, all these samples are classified by the type of soil they present and pit 3 is made the CBR test using 30 specimens, among which are those that have 2% of lime Vs 2% portland cement type I and specimens with 4% lime Vs 4% portland cement type I applying the Peruvian Technical Standards. Finally it was determined that the soil of this trail is sandy loam well graduated with low plasticity sludge according to AASHTO and SUCS, so it was also established that with 4% portland cement type I natural CBR is increased from 2.77% to 57.33% turning the subgrade from inadequate to excellent, the same happens with 2% cement; but the opposite happens to the soil when 2% and 4% of lime is added, which only increases to 3.73% modifying the subgrade from inadequate to poor.

Key words: Lime, Portland Cement type I, Subgrade, Trail, Stabilization, CBR.

## **CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

#### **1.1.1. Problema de la investigación**

Después de muchos años, el sector transporte e infraestructura vial ha tomado realce, convirtiéndose en uno de los pilares económicos y sociales de desarrollo para diversos países. Respecto a la economía se menciona que alrededor de un 20% del dinero que el Banco Mundial ha otorgado en préstamos ha sido empleado para ejecutar proyectos de transporte y carreteras. En los últimos años muchos países como Australia, EE. UU y Suecia han sido los que más aprovechan y mejoran los diferentes sistemas de transportes ya que entienden que el desarrollo económico y sustentable de un país está vinculado con el incremento de las vías de transporte; Lo mismo pasa en algunos países en vías de desarrollo que usan fondos de otras obras para realizar construcciones viales (Analistas Económicos de Andalucía, 2013).

En otros países como Nicaragua se realiza la estabilización con cal a los suelos que tienen baja intensidad vehicular, por lo que no cuentan con un presupuesto para ejecutar un pavimento; Asimismo para la clasificación de sus suelos se usa el método HRB (Highway Research Board) y para las pruebas de capacidad de carga se realizan dos métodos indirectos; el del impacto de CLEGG que está basado en la instrumentación del martillo de compactación de laboratorio “Proctor modificado” y el método Geogauge que muestra en la pantalla dos datos esenciales como rigidez (módulo de rigidez) y el módulo de Young (módulo de elasticidad), resultante de la fuerza impartida al suelo y la desviación resultante de la superficie (Altamirano & Díaz, 2015).

En México la cal más utilizada para la estabilización de suelos finos es la cal viva en polvo ya que reduce la humedad del suelo, aumenta la permeabilidad, mejora la granulometría, aumenta

el límite líquido sin perturbar al límite plástico, reduce los cambios volumétricos, aumenta su consistencia y brinda mayor resistencia a largo plazo, para esto se realizan ensayos de compresión simple o confinada, corte y flexo tracción; al aumentar la dosis de cal disminuirá la plasticidad, pero esto se cumple hasta cierto límite. Así también la mayoría de suelos granulares son estabilizados con Cemento Portland tipo I ya que proporciona una buena capacidad de soporte e incluso con un buen diseño puede soportar una resistencia a corto plazo y mejora la resistencia a los agentes químicos agresivos y físicos. Los suelos aptos para estabilizar con cemento son los que presentan componentes gruesos y finos sin que predomine uno más que el otro (Hernández, 2016). Otro país donde se estabiliza con este conglomerante es en España, donde el 54% de estabilización de suelos se realiza con cemento. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013).

En Bogotá en una investigación se demostró que al incluir el cemento y perma zyme 11X como agentes estabilizantes y al analizar cada una de sus propiedades físico mecánicas mediante los respectivos ensayos de laboratorio hechos a una base granular, el material estabilizado con el 7% de cemento alcanza una resistencia de  $25.35\text{kg/cm}^2$  y con perma zyme 11X de  $15.78\text{kg/cm}^2$ , viendo claramente que es mucho mayor la resistencia del material estabilizado con el 7% de cemento, lo que indica que es mejor estabilizar con cemento que con perma zyme 11X dicha base granular, sin embargo la resistencia adquirida con perma zyme 11X es mayor que la resistencia del material natural (Rojas, Barrera, & Piracon, 2007).

En el Perú las carreteras departamentales asfaltadas alcanzan los 2.340 km, de un total de 24.235 km, esto es igual al 9.7% de avance. Los otros más de 20.000 km son trochas en pésimos estados o caminos nivelados. Por otro lado la red vial nacional registro que hasta el año 2014 el porcentaje de asfalto en las carreteras nacionales aumento al 67.6% (El Comercio, 2015). En

el Perú la cal más utilizada para realizar estabilización de suelos es la cal hidratada, por su bajo costo y regular rendimiento; se menciona que los ensayos para medir la resistencia de la subrasante son el CBR, comprensión triaxial y Modulo resilente, este último ensayo no tiene mucha importancia en países como Colombia, Ecuador y México (Perez, 2014). Las normas y ensayos varían según el desempeño que tendrá el pavimento, es por eso que para el diseño del pavimento de bajo volumen de tránsito se empleará el "Manual Para El Diseño de Carreteras No Pavimentadas de Bajo Volumen de Tránsito - MTC (2008)"

Por el norte del país, en el departamento de Cajamarca la estabilización de suelos es un poco compleja debido a la baja temperatura del ambiente y las constantes lluvias; Es por eso que para la estabilización de suelos en la sierra norte del Perú se usa un % de cemento de 1% a 4% a diferencia de España que según El Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones indica que el contenido de cemento en peso suele ser del orden de 13% -7% (Herrera, 2014).

La Asociación de Productores de Cemento, menciona que en el Perú en 1922 la Av. Venezuela en Lima – Perú fue el primer pavimento ejecutado utilizando estabilización de suelos y procesos constructivos hechos en otros países; la obra más reconocida hasta el día de hoy es la Vía Expresa de Lima, obra que han perdurado por los años y han demostrado la alta durabilidad del concreto como alternativa para pavimento.

La estabilización de suelos ha sido ejecutada por diferentes empresas en diferentes proyectos: por ejemplo la empresa LIPLATA PERÚ S.A con RUC: 20513574691, creada hace 6 años, desarrolla estabilización de suelos reduciendo drásticamente los niveles de polvo en caminos y superficies; esta empresa participó en el I CONGRESO DE INFRAESTRUCTURA VIAL SUR

2014-AREQUIPA, donde expuso los trabajos de estabilización de carreteras usando cloruro de magnesio en Arequipa y Lima.

La empresa peruana BITUPER S.A.C con RUC: 20305385795 es experta en la fabricación de emulsiones y otros productos asfálticos para la construcción y el mantenimiento vial, con el cual abastece a todo el país. Esta empresa desarrollo la estabilización de suelos en Yanacocha utilizando Slarry, asimismo desarrollo la estabilización de suelos en la Unión Huallaga y Shorey La Libertad.

La Empresa COSAPI es la segunda empresa de ingeniería y construcción de capital nacional en el Perú; entre sus más grandes proyectos destacan la construcción y conservación de 1,187 y 1,975 km de carreteras respectivamente desarrollo el PROYECTO DE REHABILITACIÓN Y MEJORAMIENTO DE LA CARRETERA DV. IMPERIAL – PAMPAS el cual se ubica en la provincia de Tayacaja, Huancavelica; en la ejecución de la obra tuvo muchos procesos en los cuales se desarrollaron cortes, obras de drenaje, alcantarillas y lo más importante el mejoramiento y estabilización de suelos.

En el Perú existen muchas vías así como trochas en malas condiciones, por lo que no pueden ofrecer seguridad para los que hacen uso de ellas, es por eso que se plantea tomar medidas para mejorarlas, una de estas medidas es la estabilización. Las estabilizaciones de suelos se realizan con diversos materiales, siendo una de las más usadas la estabilización con Cal y el Cemento Portland tipo I (De la Cruz & Salcedo, 2016). La estabilización de suelos con Cal y Cemento presenta ventajas medioambientales como el empleo de suelos de la traza que evita explotar nuevos yacimientos y disminuye la necesidad de vertederos, la eliminación del transporte de los suelos disminuye las emisiones de CO<sub>2</sub> y otros contaminantes así como los impactos

colaterales (polvo, erosiones y otros) que provoca sobre las carreteras y flora adyacentes, son técnicas en frío que consumen poca energía. Se disminuyen con ello notablemente la contaminación y las emisiones de vapores nocivos, además que también presentan ventajas como una elevada capacidad de soporte a la explanada, disminuyendo las tensiones que llegan a las capas del firme, con lo que aumenta la vida de servicio, la obtención de cimientos de mayor calidad permite una economía en los firmes y en el volumen total de áridos empleados en los mismos, se reducen los plazos de ejecución dado que la estabilización se realiza con equipos de alto rendimiento (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013).

En la provincia de Pataz más del 70% son trochas que se encuentran en pésimas condiciones a causa del poco mantenimiento, del insignificante presupuesto que se maneja para el sector vial o del desconocimiento acerca de técnicas para mejorar carreteras. En esta provincia se encuentra uno de los distritos más grandes, que tampoco cuenta con carreteras pavimentadas siendo conocido como Chillia, este cuenta con una trocha principal que es la vía primordial para la unión con las demás poblaciones y ciudades, esta se encuentra en pésimas condiciones; al conocer todo lo mencionado anteriormente se decidió realizar esta investigación utilizando esos dos aglomerantes para mejorar la subrasante de la trocha de este distrito, siendo esta la que sirve para movilizar carga, personas, vehículos, mercadería, etc.

## **1.1.2 Antecedentes**

### **1.1.2.1 A nivel internacional**

❖ Título: “ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN MATERIAL ESTABILIZADO CON CAL Y CEMENTO”

En México, (Hernández, 2016), tuvo como objetivo analizar 3 métodos experimentales para lograr la más adecuada estabilización de un suelo de tipo arcilloso; considerando las características de calidad, tiempo y sobre todo el mejor costo; con cal, cemento portland y

mezcla de otros suelos; con eso se pretende tener la mejor estabilización de las capas de sub-rasante, sub base, base, regido con el criterio de las Normas de la SCT. Para ello evaluó las normas técnicas, métodos, etapas, ventajas, cualidades, características, factores de la estabilización de suelos con cal, cemento y material de préstamo en México. En esta investigación se concluye que las bases estabilizadas con cemento han mostrado ser una alternativa muy importante para la construcción de pavimentos. Su aporte estructural, la viabilidad de materiales en las distintas zonas del país, el clima lluvioso y la presencia de zonas con niveles freáticos altos favorecen la aplicación de esta tecnología.

Esta investigación muestra las características y las normas para estabilizar suelos en México lo que puede servir como una guía para realizar un proceso de estabilización mejorada; así también aporta información acerca del comportamiento de cal y el cemento frente a suelos arcillosos, lo que servirá para la deducción y explicación de nuestros resultados en caso de obtener un suelo fino, ya que en nuestra investigación utilizaremos los mismos conglomerantes.

❖ Título: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PEGÓN, MUNICIPIO POTOSÍ-RIVAS”

En Nicaragua, (Altamirano & Díaz, 2015) en su investigación tuvo como objetivo realizar la estabilización de las arcillas presentes en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, con una mezcla de cal. Para ello, realizó los ensayos de Límites de Atterberg, ensayo de Compactación (Proctor Estándar) y C.B.R. Con esto concluye que, a mayor % de cal aumenta C.B.R y que de los porcentajes anteriores se determinó que con 9 porciento de cal se obtenían las mejores condiciones de suelo cumpliendo con la mayor parte de las propiedades mencionadas anteriormente.

La contribución de esta investigación es muy importante, ya que cuando se haga los estudios correspondientes y se encuentre la presencia de suelos cohesivos en esta trocha de Chillia ya tendría un patrón respecto a los % de cal que debería utilizar, así como las reacciones que presentan estos tipos de suelos a los diferentes % de cal que se le adicione.

❖ Título: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EXPANSIVOS CON CAL Y CEMENTO EN EL SECTOR CALCICAL DEL CANTÓN TOSAGUA PROVINCIA DE MANABÍ”

En Ecuador, (Sánchez, 2014) en su investigación tuvo como objetivo estabilizar suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua provincia de Manabí.

Para lo que realizó el contenido de humedad, granulometría, gravedad de sólidos, Límites de Atterberg usando agente estabilizador cal y cemento, ensayo de Lambe con cal y cemento, hinchamiento libre de cal y cemento, compactación proctor estándar. Se concluye que el material de la zona cumple con las características necesarias para ser estabilizado tanto con cal como con cemento, ya que presenta un valor de contenido orgánico de 0.22% menor al 1% permitido y el contenido de sulfatos solubles es de 2039 ppm que está dentro del rango permitido de 10000 ppm.

El aporte de esta investigación es fundamental porque se realiza una comparación de este suelo, adicionando cal y cemento en todos los ensayos practicados, ensayos que permiten conocer la conducta de los suelos expansivos con los diferentes % de conglomerantes así como se hará en esta investigación

### 1.1.2.2 A nivel nacional

❖ Título: “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS CON CENIZAS DE CARBÓN PARA SU USO COMO SUBRASANTE MEJORADA”

En Lima, (Pérez, 2014) en su investigación tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de la ceniza volante obtenida de la combustión del carbón en una central termo eléctrica, para ser usada como material estabilizante de los suelos arcillosos y su empleo como capa de subrasante de un pavimento. Para las cenizas se hizo la caracterización Mineralógica y el Análisis de Materia Orgánica, ensayos estándar, ensayos específicos con suelo. Se presenta valores desde 8.3% incrementándose hasta valor de 20.8% de CBR al 100% de la MDS. En la presente tesis luego de la aplicación de la ceniza volante en la arcilla, se puede concluir que es factible su empleo como estabilizador de la arcilla y su uso en el mejoramiento de la subrasante de carreteras.

El aporte de esta investigación servirá para que se conozca cuáles son las propiedades y características que presentan los suelos arcillosos y si fuese el caso que se encontrara este tipo de suelo en la trocha en estudio, esto servirá para tener información de cuáles serían los porcentajes aproximados para trabajar en la estabilización, ya que los resultados de estabilización con esta ceniza es similar a las de un suelo arcilloso estabilizado con cemento.

❖ Título: “EFECTO DEL CEMENTO PORTLAND TIPO I, COMO ESTABILIZANTE DEL MATERIAL GRANULAR DE LA CANTERA EL GUITARRERO PARA BASES DE PAVIMENTOS RÍGIDOS”

En la ciudad de Cajamarca, (Herrera, 2014) indica que el objetivo de esta tesis es evaluar el efecto del cemento Portland Tipo I como estabilizante en las propiedades físicas mecánicas del material granular de la cantera el Guitarrero para bases de pavimentos rígidos. Se ensayó con 1%, 2% y 4% de cemento en peso del material granular, así también se ejecutó los ensayos de análisis granulométrico, límite líquido, límite plástico, compactación, CBR y abrasión. Se concluyó que el Cemento Portland Tipo I en 1% de adición en peso del material granular, aumentó el valor del CBR al 100% de la MDS en 219.89%, con 2% de adición

aumentó 532.74% y con 4% de adición aumentó el valor en 1370.21% respecto al material en estado natural de la cantera El Guitarrero.

El antecedente mencionado, sirve para conocer la reacción que tiene el cemento portland tipo I ante bases granulares; además servirá de base para describir las propiedades físicas mecánicas, los cambios que presentan cuando se les adiciona mayor porcentaje de cemento y el % de cemento con el cual aumenta el CBR.

❖ Título: “MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE BAJA CAPACIDAD PORTANTE MEDIANTE EL USO DE POLÍMEROS RECICLADOS EN CARRETERAS, PAUCARÁ HUANCAVELICA 2014”

En Huancayo, (Ramos, 2014) tuvo como objetivo mejorar la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras. Para lo que se realizó los ensayos preliminares y específicos como el Proctor y 22 ensayos CBR, variando el porcentaje. Se concluye que con la adición de polímeros reciclados (PR), obtenidos de las botellas descartables PET, solo se mejora las propiedades físicas mecánicas del suelo como material para subrasante, el suelo estudiado presenta gran presencia de arcillas, siendo su granulometría muy fina y carente de partículas de mayor diámetro que son muy importantes para una buena capacidad portante, razón por la cual al adicionar los PR al 1.5% del peso seco del suelo, con dimensiones entre 5 y 10 mm de forma rectangular, se aprecia un incremento porcentual en promedio del CBR en 26% debido a que el PET es un material resistente y al adicionar al suelo hace que tenga mayor fricción y por ende presente mayor resistencia al corte. Se considera el aporte de esta investigación, ya que se determina la capacidad portante de un suelo comparándola con la estabilización del mismo con cal, por lo que para nuestra investigación se considera los porcentajes significativos de cal referentes a esta tesis, ya que también se habla de una trocha de baja capacidad portante.

### 1.1.3 Bases Teóricas

#### 1.1.3.1 Carretera

Se conoce como carreteras a aquellos caminos de características modernas que cumplen con lo que indica el MTC, el ancho, alineamiento y pendiente; además deben contar con características que permitan un tránsito eficiente y la movilización ordenada de un alto volumen de vehículos (Hernández, 2016).

##### 1.1.3.1.1 Clasificación de las carreteras

En el Perú, se clasifica a las carreteras de la siguiente por dos maneras, por demanda que están las autopistas de primera y segunda clase, también las carreteras de primera, segunda y tercera clase, por último se tiene a trochas carrozables. La otra manera es por orografía que es dependiendo el tipo de terreno, teniendo entre estos un terreno plano, ondulado, accidentado y escarpado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014).

**Tabla 1:** *Clasificación por demanda*

TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>AUTOPISTAS DE PRIMERA CLASE</b>	Poseen un IMDA > 6000 veh/día, con un separador central > 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y dos o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y su superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
<b>AUTOPISTAS DE SEGUNDA CLASE</b>	Poseen un IMDA entre 4001 – 6000 veh/día, con un separador central de 1.00m hasta 6.00 m., además consta de 2 o más calzadas, y 2 o más carriles por calzada. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es pavimentada.
<b>CARRETERAS DE PRIMERA CLASE</b>	Poseen un IMDA entre 2001 – 4000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.60 m. y la superficie de rodadura de esta carretera es Pavimentada.
<b>CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE</b>	Poseen un IMDA entre 400 – 2000 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2. Su ancho min. de carril es de 3.30 m. y la superficie de rodadura es pavimentada

<b>CARRETERAS DE TERCERA CLASE</b>	Poseen un IMDA < 400 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 2 carriles. Su ancho min. de carril es de 3.00 m. y la superficie de rodadura puede ser pavimentada o afirmada.
<b>TROCHAS CARROZABLES</b>	Poseen un IMDA < 200 veh/día, con una sola calzada la cual tiene 4.00 m, min. de calzada y la superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar.

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

**Tabla 2:** Clasificación por orografía

TIPO	DESCRIPCIÓN
<b>TERRENO PLANO (TIPO 1)</b>	Poseen pendientes transversales $\leq 10\%$ y pendientes longitudinales < 3%.
<b>TERRENO ONDULADO (TIPO 2)</b>	Poseen pendientes transversales entre 11% y 50% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 3% y 6%.
<b>TERRENO ACCIDENTADO (TIPO 3)</b>	Poseen pendientes transversales entre 51% y 100% y pendientes longitudinales que se encuentran entre 6% y 8%.
<b>TERRENO ESCARPADO (TIPO 4)</b>	Poseen pendientes transversales > 100% y pendientes longitudinales > 8%.

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

### 1.1.3.2 Suelos

#### 1.1.3.2.1 Definición

Se define suelo como la descomposición y alteración que sufren las rocas y los residuos que se desarreglan al pasar el tiempo; los suelos están constantemente sufriendo cambios, modificaciones y procesos físicos y biológicos los cuales ocasionan la existencia de diferentes tipos de suelos (De la Cruz & Salcedo, 2016).

#### 1.1.3.2.2 Tipos de suelos según la geotecnia

Para clasificar los suelos se evalúan las propiedades mecánicas que estos presenten, siendo las siguientes (Altamirano & Díaz, 2015):

- **Las Arenas y las Gravas:** Son aquellos suelos en los cuales no existe cohesión y se lucen de trozos granulares que presentan la forma circular o angulosa, entre ellos es muy limitada la existencia de rocas minerales.
- **Los limos:** Son aquellos suelos que pasan por la mallan N°200, entre ellas existe elementos orgánicos que muchas veces son visibles y otras no; la plasticidad de estos limos es menor a la de las arcillas.
- **Las Arcillas:** Lo conforman aquellos suelos que se generan de la descomposición química y mineralógica de las rocas, cuando están húmedos son flexibles y si están secos son duros; además limitan la infiltración de agua.

### 1.1.3.2.3 Caracterización de la subrasante

Para determinar las propiedades que presenten los suelos se realiza la excavación de calicatas de profundidad 1.50m como indica la norma peruana, además el MTC menciona que el número de calicatas dependerá al tipo de carretera que se tenga, el número de estas se presenta en la **Tabla 3** (MTC, 2014).

En la **Tabla 4** se muestra la cantidad de CBR que se debe hacer a una red vial, según el tipo de carretera que está presente, cuanto mayor sea el nivel de transitividad es una vía, entonces allí se elaborara más calicatas.

**Tabla 3:** *Número de calicatas dependiendo el tipo de carretera*

TIPO DE CARRETERA	PROFUNDIDAD (m)	NÚMERO MÍNIMO DE CALICATAS
	1.50 m respecto al nivel de sub	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido - Calzada 2 carriles por

<b>AUTOPISTAS</b>	rasante del proyecto	sentido: 4 calicatas x km x sentido  - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
<b>CARRETERAS DUALES O MULTICARRI L</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido  - Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido  - Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
<b>CARRETERAS DE PRIMERA CLASE</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 4 calicatas x km
<b>CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 3 calicatas x km
<b>CARRETERAS DE TERCERA CLASE</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 2 calicatas x km
<b>CARRETERAS DE BAJO VOLUMEN DE TRANSITO</b>	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	- 1 calicatas x km

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

**Tabla 4:** *Número de ensayos Mr y CBR*

TIPO DE CARRETERAS	N° M <sub>R</sub> y CBR
<p><b>AUTOPISTAS:</b> Carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>- Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido.</li> <li>- Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido.</li> </ul>
<p><b>CARRETERAS DUALES O MULTICARRIL:</b> Carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Calzada 2 carriles por sentido: 1 MR cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>- Calzada 3 carriles por sentido: 1 MR cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>- Calzada 4 carriles por sentido: 1 MR cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
<p><b>CARRETERAS DE PRIMERA CLASE:</b> Carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 1 MR cada 3 km y 1 CBR cada 1 km</li> </ul>
<p><b>CARRETERAS DE SEGUNDA CLASE:</b> Carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> </ul>
<p><b>CARRETERAS DE TERCERA CLASE:</b> Carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 2 km se realizará un CBR</li> </ul>
<p><b>TROCHAS:</b> Con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

**Fuente:** Manual de Diseño Geométrico de Carreteras (MTC, 2014)

#### 1.1.3.2.4 Ensayos de clasificación para suelos

Los ensayos que se realizan en el laboratorio sirven para evaluar y determinar las características de un suelo (Pérez, 2012).

##### ➤ *Contenido de Humedad ASTM D2216, NTP 339-127*

La determinación del contenido de humedad es un ensayo rutinario de laboratorio para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco. El contenido de humedad nos da una referencia para saber si es mayor o menor del contenido óptimo para poder compactar la sub rasante (Ramos, 2014). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima se tiene que proponer la compactación normal del suelo y una cantidad de agua conveniente, si la humedad natural es superior a la humedad óptima se deberá aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014)

##### ➤ *Gravedad Especifica de Sólidos de un Suelo ASTM D-854, NTP 339.131*

Este método de ensayo cubre la determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo que pasan el tamiz de N° 8 mediante un picnómetro de agua. Cuando el suelo contiene partículas más grandes que la malla de N° 8, el método de ensayo MTC E 206 podrán ser usados para los sólidos de suelo retenidos en el tamiz N°8; el tamiz N°8 es quien separa los suelos finos y gruesos para ensayarlos por separado, el material que pasa el tamiz se analiza con la fiola y el material que queda en la malla se le realiza el ensayo haciendo uso de la canastilla para sumergirla al agua.

**Tabla 5:** *Gravedad Especifica de suelos*

TIPO DE SUELO	G <sub>s</sub>
Arena	2.64 – 2.66
Limo	2.67 – 2.73
Arcilla	2.70 – 2.90

Yeso	2.60 – 2.75
Loess	2.65 – 2.73
Suelo Orgánico	Valores menos 2

Fuente: MTC, 2013

➤ *Análisis Granulométrico por Tamizado ASTM D-422, MTC E107*

Constituye la repartición de los tamaños que posee el agregado mediante las mallas este ensayo tiene como finalidad determinar las cantidades de los materiales que constituyen un suelo.

**Tabla 6:** *Tamices y aberturas para análisis granulométrico*

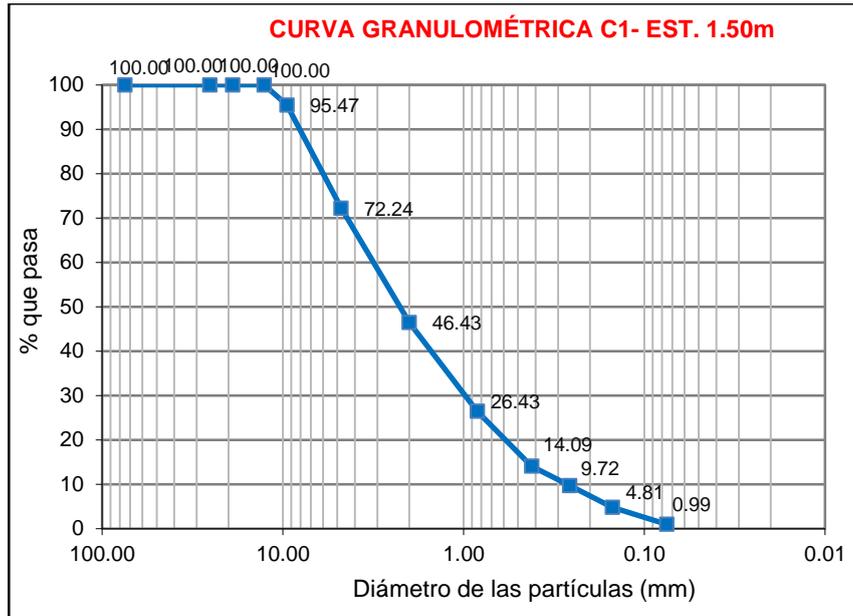
TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0.840
Nº 40	0.425
Nº 60	0.260
Nº 140	0.106
Nº 200	0.075

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales, MTC. 2013

**Tabla 7:** *Clasificación de suelos según tamaño de partículas*

TIPO DE MATERIAL	TAMAÑO DE LAS PARTÍCULAS
<b>GRAVA</b>	75 mm – 4.75 mm
	Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
<b>ARENA</b>	Arena media: 2.00 mm – 0.075 mm
	Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
<b>MATERIAL LIMO</b>	0.075mm – 0.005 mm
<b>FINO ARCILLA</b>	Menos a 0.005 mm

Fuente: Manual de Carreteras "Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014"



**Ilustración 1:** Curva de ensayo de granulométrica por tamizado  
**Fuente:** Elaboración propia, 2018

➤ ***Análisis Granulométrico por Mediante Tamizado por Lavado ASTM D-421***

Este ensayo se aplica a los suelos con material granular que contiene finos, aquí se analiza por separado el material fino y el grueso. La malla que se utiliza para ello es la N°8 como indica la norma; Al tener el material separado se les somete a agua durante 24 horas, seguido se hace el ensayo para finos usando la fiola y el material grueso mediante la canastilla, luego a ambos se les pone a secar al horno.

➤ ***Límite Líquido según norma ASTM D 4318 ó MTC E 110, Límite Plástico norma ASTM D4318 ó MTC E 111 e Índice de Plasticidad IP ensayo MTC EM 111 que se define como la diferencia entre LL y LP***

El índice de plasticidad clasifica bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso.

**Tabla 8:** Clasificación de suelo según su IP

ÍNDICE DE PLASTICIDAD	PLASTICIDAD	CARACTERÍSTICAS
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP≤20	Media	Suelos arcillosos
IP>7		
IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP=0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

**Fuente:** Manual de Carreteras “Suelo, Geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014”

### ➤ Clasificación de Suelos AASHTO ASTM D 3282

Se conoce que este sistema están clasificados dos grupos, el primer grupo está formado por suelos granulares y el otro grupo está constituido por suelos finos. Los grupos están designados por símbolos que van del A-1 al A-8; donde los suelos inorgánicos se clasifican en los siete primeros grupos que van del A-1 al A-7, y estos a su vez se dividen en un total de doce subgrupos. A su vez los suelos con elevada proporción de materia orgánica se clasifican como A-8 ver **Tabla 10** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013).

**🚧 Suelos granulares:** Son aquellos suelos que tienen 35% o menos, del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos forman los grupos A-1 (A-1a, A-2b); A-2 (A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7) y A-3.

**a. Grupo A – 1:** El material comprende las mezclas bien graduadas, compuestas de fragmentos de piedra, grava, arena y material ligante poco plástico. Se incluyen también mezclas bien graduadas que no tienen material ligante. Este grupo tiene sus subgrupos, A – 1A compuesto por piedra o grava y el A – 1B donde predomina la arena gruesa.

**b. Grupo A – 2:** Comprende material granular que contiene menos del 35% del material fino. Tiene su subgrupo A – 2- 4 y A – 2 – 5 donde el material fino es mayor a 35%.

✚ **Suelos finos:** Contienen más del 35% del material fino que pasa el tamiz N° 200. Estos suelos constituyen los grupos A – 4, A – 5, A – 6, y A – 7.

**a. Grupo A – 4:** Pertenecen a este grupo los suelos limosos poco o nada plásticos que tienen un 75% o más del material fino que pasa el tamiz N° 200. Además se incluye en este grupo las mezclas de limo con grava y arena hasta 64%.

**b. Grupo A – 5:** Los suelos comprendidos en este grupo son semejantes a los del anterior, pero contienen material micáceo o diatomáceo.

**c. Grupo A – 6:** El material típico de este grupo es la arcilla plástica. Por lo menos el 75% de estos suelos debe pasar el tamiz N° 200, pero se incluyen también las mezclas arcillo – arenosas cuyo porcentaje de arena y grava sea inferior al 64%.

**Grupo A – 7:** Los suelos de este grupo son semejantes a los suelos A – 6 pero son elásticos. Su LL es elevado. En este grupo está el subgrupo A – 7 – 5 cuyo IP no son muy altos para el LL; También está el A – 7 – 6 cuyos IP son muy elevados con respecto al LL. Las características requeridas para cada grupo y subgrupo se muestran en la **Tabla 9**.

**Tabla 9:** Clasificación de suelo según su índice de grupo

ÍNDICE DE GRUPO	SUELO DE SUB RASANTE
IG > 9	Muy pobre
IG está entre 4 a 9	Pobre
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 a 2	Bueno
IG está entre 0 a 1	Muy bueno

**Fuente:** MTC, 2013

**Tabla 10:** Clasificación de suelos AASHTO

Clasificación General	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
Símbolo	A 1-a	A 1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
Análisis   Granulométrico % Que pasa por el tamiz													
Nº 10	Máx. 50												
Nº 40	Máx. 30	Máx. 50	Máx. 50										
Nº 200	Máx. 15	Máx. 25	Máx. 10	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Máx. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	Min. 35	
Límites de Atterberg												Min. 40	Min. 40
Limite de líquido	Máx. 6	Máx. 6		Máx. 40	Min. 40	Máx. 40	Min. 40	Máx. 40	Máx. 40	Máx. 40	Min. 10	Min. 10	
Índice de Plasticidad				Máx. 10	Máx. 10	Min. 10	Min. 10	Máx. 10	Máx. 10	Min. 10	IP < LL-30	IP < LL-30	
Índice de grupo	0	0	0	0	0	Máx. 4	Máx. 4	Máx. 8	Máx. 12	Máx. 16	Máx. 20	Máx. 20	
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas y arcillosas				Suelos limosos			Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como sub rasante	De excedente a bueno						De pasable a malo						

Fuente: MTC, 2013.

### ➤ **Clasificación de Suelos SUCS ASTM D2487**

Los suelos según este método se clasifican en finos y gruesos: siendo la malla más importante para esto la #200 donde se analiza, si más del 50% del material pasa la malla #200 es un suelo fino y si pasa menos del 50 % del material es un suelo grueso. Dentro este sistema Existe diferentes tipos de suelo, como la grava(G), arena (S), limo (M), arcilla (C) y material orgánico (O) , este grupo de suelos a su vez tiene subgrupos como, suelo bien graduado (W), suelo pobremente graduado (P), suelo limoso(M), arcillosos (C), suelos de baja plasticidad (L) y suelo de alta plasticidad (H) **Tablas 11 y 12**, cabe recalcar que para este sistema de clasificación se utiliza la carta de plasticidad **Ilustración 2** (Bañón & Beviá, 2000).

✚ **Suelos gruesos:** Este suelo tiene dos grupos, las arenas y gravas; para lo que se separa con el tamiz N°4, de manera que un suelo pertenece al grupo de arena si más del 50% del material pasa este tamiz y si fuese lo contrario será un suelo gravoso. Se considera estudiar el límite líquido, índice plástico, coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura. Dentro estos suelos gruesos se puede encontrar arena o grava pobremente graduada (SP, GW), o arena o grava bien graduada (GP,GW), también arena o grava pobremente graduada con partículas de arcilla (SP-SC, GP-GC) , área o grava bien graduada con partículas de limos (SW-SM, GW-GM); Asimismo con la granulometría se ve si la arena está bien graduada cuando  $Cu > 6; 1 \leq Cc \leq 3$  y es grava bien graduada cuando  $Cu > 4; 1 \leq Cc \leq 3$ .

✚ **Suelos finos:** Los divididos entre grupos: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (CL) y limos y arcillas orgánicas (O). Obteniéndose de este modo los siguientes tipos de suelos: ML: Limos inorgánicos de baja compresibilidad. OL: Limos y arcillas orgánicas. CL: Arcillas inorgánicas de baja compresibilidad. CH. Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad. Se considera estudiar el límite líquido, índice plástico

**Tabla 11:** Clasificación de suelos SUCS ASTM D2487

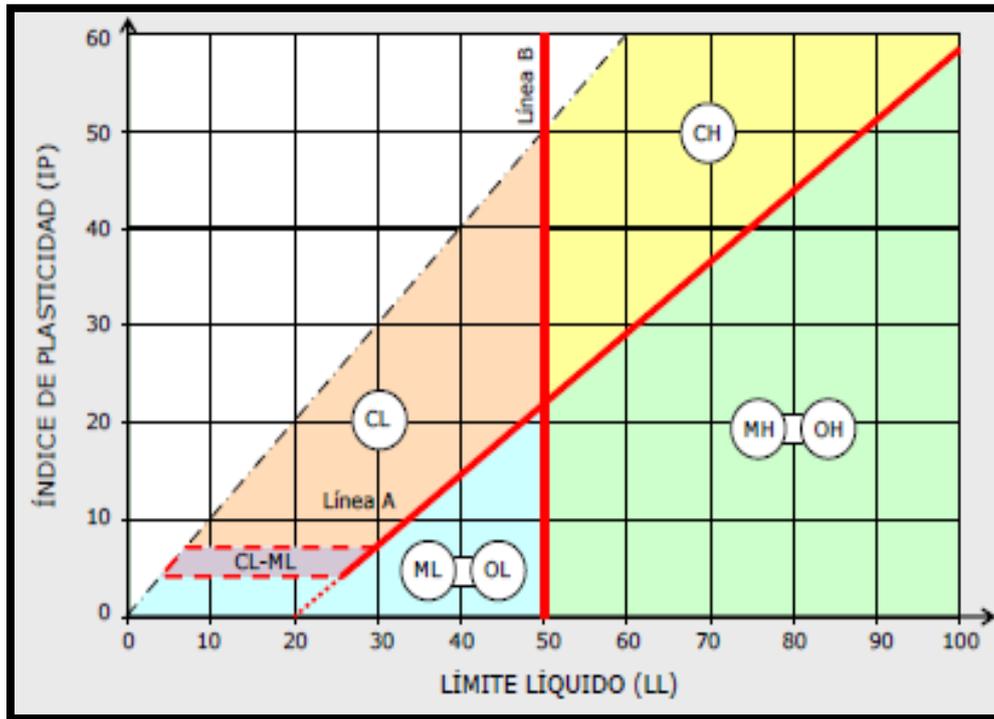
DIVISIONES MAYORES	SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de grano grueso (más del 50% de material es mayor en tamaño que el tamiz N° 200)	Gravas (más de la mitad de la fracción gruesa es mayor que el tamiz N° 4)	Gravas Limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien gradadas, mezclas gravosas poco o ningún fino.  Cu > 4 1 < Cc < 3
			GP	Gravas pobremente gradadas, mezclas grava – arena, poco o ningún fino.  No cumple todos los requisitos de gradación para GW.
		Gravas con finos (cantidad apreciable de finos)	GM	Gravas limosas, mezcla grava – arena – limo.  Límites de Atterberg por debajo de la línea A o LP < 4  A los materiales sobre la línea A con 4 < LP < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.
			GC	Gravas arcillosas, mezcla grava – arena – arcillas.  Límites de Atterberg por encima de la línea A o LP > 7
	Arenas (más de la mitad de la fracción gruesa es menor que el tamiz N° 4)	Arenas Limpias (poco o ningún fino)	SW	Arenas bien gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.  Cu > 6 1 < Cc < 3
			SP	Arenas pobremente gradadas, arenas gravosas, pocos o ningún fino.  No cumplen todos los requisitos de gradación para SW.
		Arenas con finos (cantidad apreciable de finos)	SM	Arenas limosas mezcla de arena – limo.  Límites de Atterberg por debajo de la línea A o LP < 4  A los materiales sobre la línea A con 4 < LP < 7 se considera de frontera y se les asigna doble símbolo.
			SC	Arenas arcillosas, mezclas arena – arcilla.  Límites de Atterberg por encima de la línea A o LP > 7

Fuente: Bañón & Beviá, 200

**Tabla 12:** Clasificación de suelos SUCS ASTM D2487

DIVISIONES MAYORES	SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE TÍPICOS	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz N° 200)	Limos y arcillas (límite líquido $WL < 50$ )	ML	Limos inorgánicos y arena muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas, o limos arcillosos con poca plasticidad.	1. Determinar el porcentaje de arenas y gravas de la curva Granulométrica.  2. Dependiendo del porcentaje de fino (fracción menor que el tamiz N° 200 los suelos gruesos se clasifican como sigue: Menos del 5% - GW, GP, SW, SP
		CL	Arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas gravosas, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras.	
		OL	Limos orgánicos, arcillas limosas orgánicas de baja plasticidad.	
Suelos de grano fino (más del 50% del material pasa el tamiz N° 200)	Limos y arcillas (Límite Líquido $WL > 50$ )	MH	Limos inorgánicos, suelos limosos o arenosos finos micáceos o diatomáceos, suelos elásticos.	CARTA DE PLASTICIDAD
		CH	Arcillas orgánicas de alta plasticidad, arcillas grasas.	
		OH	Arcillas orgánicas de plasticidad media a alta, limos orgánicos.	
Suelos altamente orgánicos	Pt	Turba u otros suelos altamente orgánicos.		

Fuente: Bañón & Beviá, 200



**Ilustración 2:** Carta de plasticidad de Casagrande para suelos  
**Fuente:** Bañón & Beviá, 2000

➤ **Proctor Modificado según norma ASTM D 1557**

Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados. Para este ensayo se tienen 3 métodos, el A, B, C e esta investigación se utilizara el método B ya que cumple con los criterios que indica la **Tabla 13** (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013).

**Tabla 13:** Condiciones para ensayo proctor modificado

TIPO DE ENSAYOS	PROCTOR MODIFICADO ASTM D1557.91 (98)		
MÉTODO	A	B	C
CONDICIONES PARA LA ELECCIÓN DEL MÉTODO	% Ret. Acum. N° 4 ≤ 20 %	% Ret. Acum. 3/8" ≤ 20 %	% Ret. Acum. 3/4" ≤ 30 %
		% Ret. Acum. N° 4 > 20 %	% Ret. Acum. 3/8" > 20 %
TIPO DE MATERIAL UTILIZADO	Pasante la malla N° 4	Pasante la malla 3/8"	Pasante la malla 3/4"
N° DE CAPAS (N)	5	5	5

N° DE GOLPES (N)	25	25	56
DIÁMETRO DE MOLDE (CM)	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04	10.16 ± 0.04
ALTURA DE MOLDE (CM)	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05	11.64 ± 0.05
VOLUMEN DEL MOLDE V (CM <sup>3</sup> )	944 ± 0.04	944 ± 0.04	944 ± 0.04
PESO DEL MARTILLO W (KG)	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01	4.54 ± 0.01
ALTURAL CAIDA DEL MARTILLO (CM)	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16	45.72 ± 0.16
DIÁMETRO DEL MARTILLO (CM)	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025	5.08 ± 0.025

Fuente: NTP 339.141, 1999.

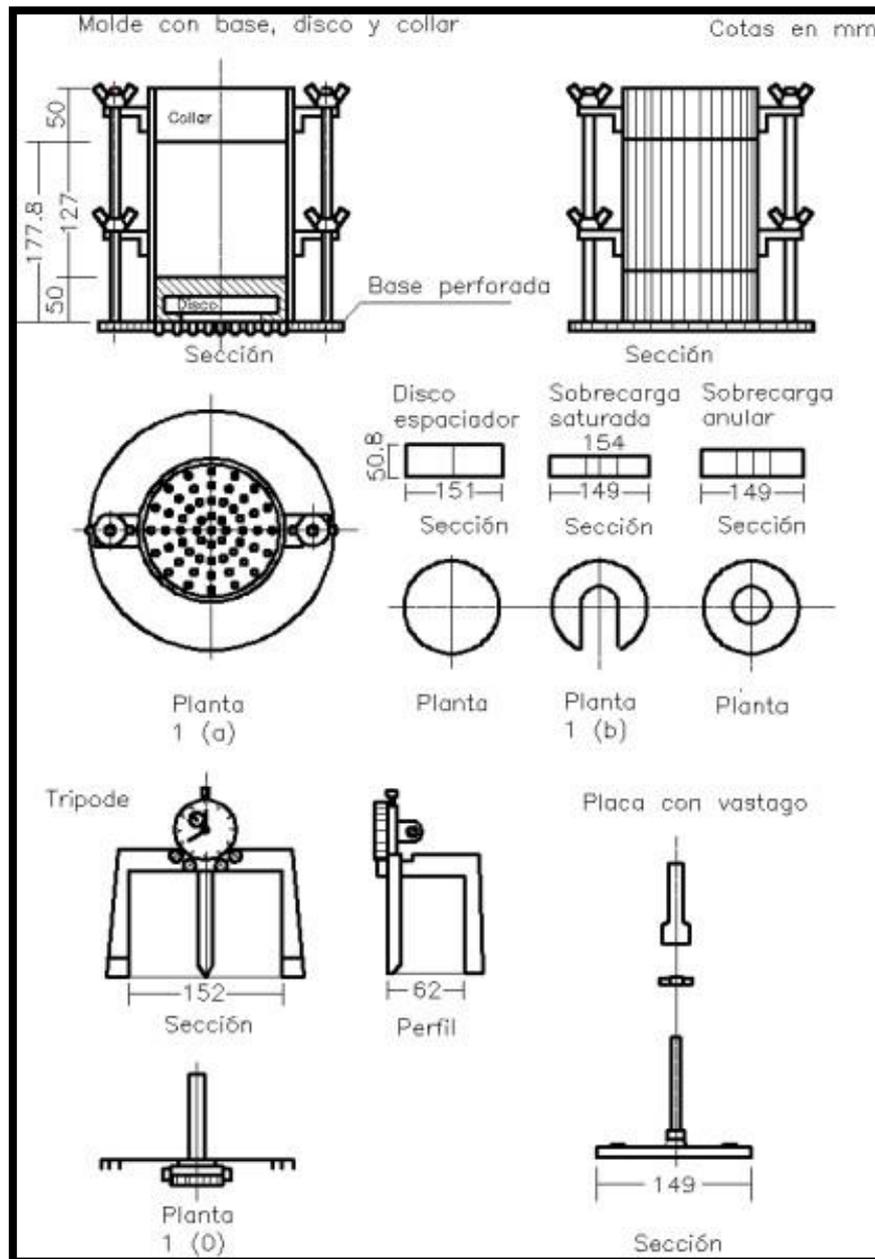
### ➤ **Ensayo CBR California Bearing Ratio ASTM D 1883**

Este ensayo (MTC E 132) se realiza, una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, luego de haber obtenido el contenido de humedad óptimo del ensayo proctor modificado. Para caminos, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará los suelos que controlarán et diseño y se establecerá el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 0.1”, 0.2”. Este ensayo consta de 3 procesos (Ministerio de Transporte y Comunicaciones , 2016).

**✚ Compactación:** Proceso donde se prepara 3 muestras con el contenido de humedad óptimo, estas muestras se compactan a 5 capas siendo el primer molde con 12 golpes, el segundo molde con 25 golpes y el último con 56 golpes como lo indica la norma. Los moldes son cilíndricos

con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papel filtro, ver **Ilustración**

3.



**Ilustración 3:** Equipos utilizados para ensayo CBR

Fuente: MTC, 2013

 **Hinchamiento:** Luego de tener las muestras listas, se las inverte a un tanque de agua durante 4 días y se va tomando las medidas cada 24 horas, utilizando la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión.

✚ **Ensayo de Carga – Penetración:** Luego de los 4 días se saca el molde y se deja denar durante 15 minutos; seguido se lleva a la prensa hidráulica para proceder con el ensayo y se va registrando las lecturas de carga y penetración de cada muestra. Luego se determina nuevamente la densidad humedad y el contenido de humedad, sacando 3 porciones de a muestra y poniendo a secar al horno. Finalmente se dibuja las 3 curvas esfuerzo-deformación de cada molde **Ilustración 3** y se determina el esfuerzo correspondiente a 0.1” y 0.2” así como sus índices de CBR.

**Tabla 14:** *Categorías de subrasante CBR*

CATEGORÍA DE SUBRASANTE	CBR
<b>S0: Subrasante inadecuada</b>	CBR < 3%
<b>S1: Subrasante insuficiente</b>	De CBR ≥ 3% a CBR < 6%
<b>S2: Subrasante regular</b>	De CBR ≥ 6% a CBR < 10%
<b>S3: Subrasante buena</b>	De CBR ≥ 10% a CBR < 20%
<b>S4: Subrasante muy buena</b>	De CBR ≥ 20% a CBR < 30%
<b>S5: Subrasante excelente</b>	De CBR ≥ 30%

**Fuente:** Manual de Carreteras (MTC, 2014)

### 1.1.3.3 Estabilización

#### 1.1.3.3.1 Estabilización de suelos

Se define como un conjunto de procesos, intervenciones, tratamientos que se realiza a los suelos que tienen propiedades que disminuye su capacidad de soportar los efectos del tránsito; asimismo con esta estabilización se busca aprovechar las características del suelo para mejorarlo dejando una vía estable y eficiente (De la Cruz & Salcedo, 2016).

#### 1.1.3.3.2 Ventajas de los suelos estabilizados

Las principales ventajas que presentan los suelos estabilizados se dan en tres campos según (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013)

- **Medioambientales:** Al utilizar residuos que son desechados por los seres humanos o que abundan en la misma región donde se necesita estabilizar las capas de una vía.

- **Técnicas**

Permite la utilización de otros suelos para el mejoramiento del terreno natural; además de proporcionar una mayor capacidad de soporte disminuyendo el peso que llega a la sub rasante por lo que aumenta su vida útil.

- **Económicas**

Al utilizar suelos y materiales para estabilizar de la misma zona donde se desarrolla la ejecución de la vía, permitirá la reducción de los costos; al tener una buena estabilización en los terrenos de fundación se podrá diseñar con menos espesores las capas del pavimento.

### 1.1.3.3.3 Tipos de estabilización

En la actualidad existe diferentes tipos de estabilización, la más conocida es la estabilización física, seguida de la estabilización química que se aplica mayormente en proyectos de grandes envergaduras (Pérez, 2012) .

#### 1.1.3.3.3.1 Estabilización física

Menciona que este método se usa para aumentar la capacidad de soporte de suelos produciendo al suelo deformaciones. Este tipo de estabilización trabaja mejor para suelos gruesos como la grava y la arena. Dentro este tipo de estabilización tenemos las siguientes (Pérez, 2012).

- *Estabilización por Compactación*

Proporciona calidad al suelo más no resistencia constante para las demás capas, por lo que si se expone a humedad este método no servirá mucho; aunque se haya comprimido al 100% todas las partículas.

- ***Estabilización empleando la mezcla de suelos***

Este suelo por sí solo no es suficiente para brindar una estabilización segura; en el caso de los suelos gruesos presentan fricción entre sus componentes lo cual brinda resistencia más no cohesión; a diferencia de las arcillas que tienen bastante cohesión entre ellas, pero al ser expuestas a humedad fácilmente se pierden sus propiedades de resistencia.

- ***Estabilización por Reemplazo***

Para establecer las capas del pavimento se prevé dos alternativas al suelo natural, que sea compactado y cumpla con los parámetros que indica la norma o que se le modifique adicionando un suelo diferente para mejorar sus propiedades; en el primer caso los espesores de las capas que están sobre ella serán mayores, en el segundo caso será todo lo contrario claro está que también habrá compactación.

- ***Estabilización empleando elementos Prefabricados***

Al suelo que se está tratando se incorpora elementos como geo sintéticos, tierra armada, que actúan aumentando el CBR del suelo; es un método costoso aunque el efecto es rápido.

### **1.1.3.3.2 Estabilización química**

Esta estabilización consiste en adicionar algún material químico al suelo que se va a mejorar, la mezcla entre suelo-químico debe ser muy homogénea; la finalidad del agente químico es mejorar las propiedades del suelo expuesto a condiciones climáticas, tales como la temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento, etc. También se debe hacer el reconocimiento de las propiedades antes y después de aplicar el estabilizador (Pérez, 2012).

#### **❖ Cal**

Por ser la más económica y de la fácil aplicación es la más utilizada, la cal anhidra o cal viva, obtenida por la calcinación de materiales calizos. El suelo-cal se obtiene cuando se mezcla el suelo, cal y agua cumpliendo las normas que establece el MTC. La cal es la utilizada principalmente para disminuir la plasticidad y consecuentemente también los cambios volumétricos de un material arcilloso.

#### ❖ **Cemento**

Esta mezcla se obtiene con suelo, cemento y agua; el agua hace que este tenga mayor resistencia (ensayo proctor), cabe mencionar que se debe cumplir con la compactación y el curado establecido. Al estabilizar con cemento se logra que las partículas se unan a diferencia del concreto que todas trabajan como una sola membrana por ende su resistencia es mayor. El cemento en su mayoría se usa para estabilizar suelos arenosos o finos, ya que incrementa su resistencia y si se desea utilizar para otros suelos el porcentaje de este aumenta. Las propiedades del suelo-cemento dependen de:

- Tipo y cantidad de suelo, cemento y agua.
- Ejecución.
- Edad de la mezcla compactada y tipo de curado.

#### ❖ **Asfaltos**

La mezcla suelo-asfalto se realiza para obtener un aumento de su estabilidad por las características aglomerantes del ligante que envuelve las partículas del suelo, así como no permite el acceso de agua lo que genera condiciones adversas más estables. Los usados para estabilizar son emulsiones asfálticas y los asfaltos fluidificados de viscosidad media.

#### ❖ **Polímeros y Resinas**

Son recomendados que únicamente sean utilizados en suelos ácidos (Los suelos ácidos se encuentran fundamentalmente en regiones de pluviosidad elevada); Los materiales que

componen a los polímeros pueden ayudar a aumentar la resistencia, así como a disminuirla la misma.

#### ❖ **Ceniza volante**

Las cenizas volantes son procedentes de la combustión en las centrales termoeléctricas. Las cenizas son granos finos compuestos básicamente por silicatos, aluminios, cal libre y algunos óxidos que permiten una reacción puzolánica con el suelo arcilloso que al igual que otras sustancias reduce el índice de expansión.

### **1.1.3.3.4 Cal**

#### **1.1.3.3.4.1 Definición**

Se menciona que la cal viva se produce de la transformación química del carbonato de calcio en óxido de calcio. La cal hidratada se obtiene cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua. La cal hidratada es la que reacciona con las partículas arcillosas y las transforma permanentemente en un matriz cementante (Hernández, 2016).

#### **1.1.3.3.4.2 Tipos de cales usadas en la estabilización**

Existen diversos tipos de cales usadas dentro del campo de la estabilización, las más comunes son tres (Altamirano & Díaz, 2015).

- **Cal viva (óxido de calcio CaO):** Se produce de la transformación química del carbonato de calcio (piedra caliza  $\text{CaCO}_3$ ) en óxido de calcio.
- **Cal hidratada (hidróxido de calcio  $\text{Ca}[\text{OH}]$ ):** Se obtiene cuando la cal viva reacciona químicamente con el agua. La cal hidratada (hidróxido de calcio) es la que reacciona con las partículas arcillosas y las transforma permanentemente en un fuerte matriz cementante.
- **La lechada de cal:** Es la suspensión de la cal hidratada en agua. Su empleo en tratamiento de suelo permite, por un lado, evitar el polvo producido durante el extendido de cal y por otro,

- **La lechada de cal:** Es la suspensión de la cal hidratada en agua. Su empleo en tratamiento de suelo permite, por un lado, evitar el polvo producido durante el extendido de cal y por otro, controla mejor la humedad de los suelos secos.

De acuerdo a su composición nace la siguiente clasificación:

- **Cal cálcica:** es aquella cuyo contenido en carbonato magnésico es inferior al 5%.
- **Cal dolomítica:** aquella que posee un contenido en carbonato magnésico entre el 5% y el 30%, ya que en porcentajes superiores no se contempla para trabajos de construcción.

#### **1.1.3.3.4.3 Objetivos de la aplicación de la cal**

Tras ejecutarse numerosos estudios a diferentes tipos de suelos agregándoles cal, se concluyó que el objetivo más claro se ve cuando se le aplica cal a suelos arcillosos (Hernández, 2016) .

- La reducción de la humedad natural del suelo.
- Aumento de permeabilidad.
- Mayor trabajabilidad.
- Reducción del índice de plasticidad
- Aumento de la consistencia
- Mayor resistencia a medio y largo plazo.

#### **1.1.3.3.4.4 Suelo cal**

El uso de cal ayuda a aumentar la plasticidad de un suelo, aparte de conseguir este fin, aumenta también su resistencia a la compresión sin confinar, produciendo una textura granular más abierta. La cantidad de cal es de una 2 a 8 por ciento en peso. Para que reaccione convenientemente se necesita que el suelo tenga minerales arcillosos, o sea sílice y aluminio, y se pueda lograr la acción puzolánica, que aglomerará adecuadamente las partículas de suelo. El suelo cal, necesita la reacción química de los iones calcio y los minerales arcillosos, que

lentamente adquieren resistencia. Una ventaja del suelo cal es que su período de curado puede iniciarse más tarde (Ruano López, 2012).

### **1.1.3.3.5 Cemento Portland Tipo I**

#### **1.1.3.3.5.1 Definición**

Se define al cemento portland tipo I como un producto obtenido por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio. Se admite la adición de otros productos que no excedan del 1% en peso del total siempre que la norma correspondiente establezca que su inclusión no afecta las propiedades del cemento resultante. Todos los productos adicionados deberán ser pulverizados conjuntamente con el Clinker. Utilizado generalmente para suelos arenosos o gravas finas, la mayor ventaja es el incremento de la resistencia, también se puede usar para suelos arcillosos, pero implica mayor porcentaje de este (De la Cruz & Salcedo, 2016).

#### **1.1.3.3.5.2 Componentes**

Este cemento Portland tipo I está compuesto por Silicato dicálcico (32%), Silicato tricálcico (40%), Aluminato tricálcico (10%), Ferroaluminato tetra cálcico (9%), Sulfato de calcio (2-3%), en estos compuestos el magnesio puede reemplazar al calcio; existen también silicatos y ferroaluminatos de sodio y potasio. Obtenido el Clinker se mueve adicionando 2% a 3% de yeso para evitar que fragüe rápido. (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2016)

#### **1.1.3.3.5.3 Objetivos de la aplicación del cemento**

Permitir el aprovechamiento de suelos de la traza de deficiente calidad, evitando su extracción y transporte a vertedero, así como el tener que aportar otros diferentes que en ocasiones pueden hallarse a distancias importantes. Reducir la sensibilidad al agua de los suelos y con ellos aumentar su resistencia a la erosión, a la helada, a otros agentes climáticos.

#### **1.1.3.3.5.4 Efectos del cemento**

Al estabilizar un suelo con cemento Portland lo que se consigue principalmente es un cambio en el estado hídrico del suelo, pues este sufre un secado por el hecho de que se le está adicionando una cierta cantidad de materia seca y también por la pérdida de agua que supone la hidratación del conglomerante. La adición de cemento Portland ayuda a generar en el suelo una resistencia mecánica, esta puede variar ampliamente y es función principalmente del tipo de cemento que se aplique y su dosificación.

En suelos finos, limosos o arcillosos con una plasticidad baja, la hidratación del cemento va a crear unos enlaces resistentes entre las partículas formando una estructura en forma de panal en las de las cuales dependerá la resistencia de la mezcla.. El efecto que produce el cemento es que reduce la plasticidad y aumenta la resistencia al esfuerzo cortante; produce además una reducción de la afinidad del suelo por agua, con eso disminuye la capacidad del suelo de retener agua. Debido a esto el potencial de hinchamiento del suelo se ve reducido al igual que se disminuyen los efectos de congelación y deshielo (Sánchez, 2015).

#### **1.1.3.3.5.5 Definición de Términos Básicos**

##### **a) Cal**

Es una material que se presenta como un polvo de color blanco que al estar en contacto con el agua se hidrata o se apaga (Real Academia Española, 2014).

##### **b) Cemento Portland Tipo I**

Es un cemento de uso general en la construcción, rehabilitación y mejoramiento y se emplea en obras que no se requiere propiedades especiales (Herrera, 2014).

##### **c) Subrasante**

Es la superficie terminada de la carretera al nivel de movimiento de tierras o el asiento directo de la estructura del pavimento (Montalvo , 2017).

#### **d) Trocha**

Son vías transitables que no alcanzan las características geométricas de una carretera que por lo general tiene un IMDA menor a 200 veh/día. La superficie de rodadura puede ser afirmada o sin afirmar (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013).

#### **e) Estabilización de suelos**

Se define como aquellos procedimientos mecánicos a los cuales se les adicionan productos químicos, naturales o sintéticos y se le realizan a un suelo pobre e inadecuado para mejorar sus propiedades físicas (Ramos, 2014).

### **1.2. Formulación del problema**

¿Cómo influye la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz – 2019?

#### **JUSTIFICACIÓN**

La estabilización de suelos en nuestro país cada vez es más común, pero poco se aplica en las regiones como la sierra y selva; Las causas del deterioro de la mayoría de pavimentos son las deficiencias constructivas, incrementos vehicular, factores ambientales desfavorables, agotamiento del periodo de diseño o una subrasante inadecuada (Martínez, 2015).

Se decidió realizar esta investigación en la trocha del distrito de Chillia porque vivo en este lugar, por lo que soy participe de los múltiples inconvenientes que trae tener esta trocha en mal estado desde perdidas económicas hasta pérdidas humanas, además porque se quiere aportar al desarrollo de este distrito ya que en unos meses se exportara quesos a las ciudades y al tener una buena carretera se tendrá mayor número de viajes por consiguiente mayor ingreso económico.

Se conoce que la mayoría de vías de transporte en la provincia de Pataz distrito de Chillia son trochas y son utilizadas para el desplazamiento vehicular, movilización de carga, personas, vehículos, mercadería, etc; esta trocha que conecta a este distrito con sus alrededores y a la ciudad por estar en mal estado genera mayor tiempo de viaje tanto en ir y venir, limitan que otras personas transiten por esas vías para llegar a conocer otros lugares, incomodidad tanto en pasajeros como pobladores, accidentes, poca transitividad, etc.

Conociendo esta problemática se realiza esta investigación con el fin de demostrar que se puede mejorar estas trochas utilizando cal o cemento portland tipo I en su estabilización para que las personas de este distrito puedan transitar de manera cómoda, rápida y segura. Se conoce que en Chillia no hay estudios o expedientes donde indique que durante el proceso constructivo de un pavimento se haya tomado en cuenta la estabilización o el mejoramiento de la subrasante; es por ello que se propone aplicar la estabilización de la subrasante con cal y con cemento portland tipo I para comprobar que componente aumenta el CBR de este terreno natural.

Al realizar una correcta estabilización de suelos se sabrá brindar a las personas, que el tiempo de viaje sea menor, la seguridad de que llegaran bien, un mayor ingreso de vehículos para abastecer con productos a las poblaciones que se encuentran en esta vía, una referencia para que las autoridades puedan tomar esto como guía cuando tengan la oportunidad de pavimentar sus carreteras y ahorrarse el tiempo de hacer estudios para ver cómo mejorar la capacidad portante de sus suelos.

Esta investigación servirá como base para próximos estudios sobre pavimentación en trochas en la parte sierra del Perú; también con este estudio se estará dando a conocer cuál es el suelo existente en este lugar y con que adicinante funciona mejor, para que en un futuro se pueda hacer estudios con otros aditivos donde se compare y se mejore aún más las propiedades de estos suelos.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo General**

Determinar la influencia de la cal y el cemento portland tipo I en la subrasante de la trocha del distrito de Chillia, provincia de Pataz – 2019.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- ✓ Determinar las propiedades físicas del suelo realizando los ensayos de laboratorio como contenido de humedad (NTP 339.127), granulometría (NTP 339.128) por sus dos métodos de análisis, gravedad específica (339.131), límite líquido, plástico e índice de plasticidad (NTP 339.129).
- ✓ Fijar el tipo de suelo existente en esta trocha según Sistemas Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes (AASHTO).
- ✓ Realizar las pruebas correspondientes a propiedades mecánicas ejecutando el ensayo Proctor Modificado a los estratos predominantes.
- ✓ Ejecutar el ensayo CBR a las muestras del suelo predominante de la subrasante, adicionando 2% y 4% de cal, así como el CBR con 2% y 4% de cemento portland tipo I.

## **1.4 Hipótesis**

### **1.4.1 Hipótesis General**

La utilización de cierto porcentaje de Cal y Cemento Portland tipo I como adiconante al suelo natural de la trocha del distrito de Chillia provincia de Pataz, influye positivamente mejorando la capacidad de soporte de su subrasante de acuerdo a los resultados del ensayo CBR, desarrollados en el Laboratorio de Suelos.

**Tabla 15:** *Hipótesis de la investigación*

HIPOTESIS GENERAL	COMPONENTES METODOLOGICOS			COMPONENTES REFERENCIALES	
	Variables	Unidad de análisis	Conectores lógicos	El espacio	El tiempo
La utilización de cierto porcentaje de Cal y Cemento Portland tipo I como adicinante al suelo natural de la trocha del distrito de Chillia provincia de Pataz, influye positivamente mejorando la capacidad de soporte de la subrasante de acuerdo a los resultados del ensayo CBR, desarrollados en el Laboratorio de Suelos.	Capacidad portante de la subrasante	Especímenes de suelo	Mejorar	Distrito Chillia-Pataz	Año 2019
	% Cal				
	% Cemento Portland tipo I				

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

#### 1.4.2 Hipótesis Específicas

- ✓ La utilización del 2% de Cal como adicinante del suelo natural de la trocha del distrito de Chillia provincia de Pataz, influye positivamente mejorando la capacidad de soporte de su subrasante de acuerdo a los resultados del ensayo CBR, desarrollados en el Laboratorio de Suelos.
- ✓ La utilización del 4% de Cal como adicinante del suelo natural de la trocha del distrito de Chillia provincia de Pataz, influye positivamente mejorando la capacidad de soporte de su subrasante de acuerdo a los resultados del ensayo CBR, desarrollados en el Laboratorio de Suelos.
- ✓ La utilización del 2% y 4% de Cemento Portland tipo I como adicinante del suelo natural de la trocha del distrito de Chillia provincia de Pataz alcanzan los mayores resultados, mejorando la capacidad de soporte de su subrasante como muestran los resultados del ensayo CBR, desarrollados en el Laboratorio de Suelos.

## CAPÍTULO 2. METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de Investigación

#### 2.1.1 Operacionalización de Variables

Tabla 16: Operacionalización de variables

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES /ITEMS
	<p><b>Cal:</b> se produce de la transformación química del carbonato de calcio en óxido de calcio; es la más utilizada ya que cumple la función de disminuir la plasticidad y los cambios volumétricos de un material arcilloso. (Hernández, 2016)</p>		Dosificación de agente estabilizador	2% de cal 4% de Cal
<p><b>Variables Independientes:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Cal</li> <li>- Cemento Portland tipo I</li> </ul>	<p><b>Cemento Portland tipo I:</b> Se obtiene por la pulverización del clinker portland con la adición eventual de sulfato de calcio se logra que las partículas se unan y presenten mayor resistencia, se aplica en su mayoría en suelos arenosos o finos; una de las propiedades que presenta este material estabilizante es que a mayor cantidad de cemento se logra aumentar su resistencia. (De la Cruz &amp; Salcedo, 2016)</p>	<p>En especímenes con las muestras del suelo natural de la trocha, a los cuales se les adiciona cal y cemento portland tipo I en el distrito de Chillia provincia de Pataz, departamento de la Libertad.</p>	Dosificación de agente estabilizador	2% Cemento Portland tipo I 4% Cemento Portland tipo I
<p><b>Variable Dependiente:</b></p> <p>Capacidad de soporte de la subrante</p>	<p><b>Capacidad de soporte de la subrante:</b> Es el índice de resistencia del terreno, sirve para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de subbase, base y afirmado.</p>	<p>En especímenes con las muestras del suelo natural de la trocha del distrito de Chillia provincia de Pataz, departamento de la Libertad</p>	Capacidad portante del suelo CBR	CBR 0.1” CBR 0.2”

Fuente: Elaboración propia, 2019

### **2.1.2 Diseño de Investigación**

Esta investigación es de tipo experimental bifactorial porque se manejan y manipulan de manera deliberada las variables en estudio pudiendo modificar sus propiedades o cambiar a estas; además que presentan dos variables independientes siendo la Cal y el Cemento Portland tipo I, quienes servirán para estabilizar a la variable dependiente que es la capacidad de soporte de la subrasante; con los porcentajes que se le adicione de estos dos conglomerantes, se podrá medir el efecto que tienen sobre la variable dependiente.

## **2.2 Población y Muestra (Materiales, Instrumentos y Métodos)**

### **2.2.1 Unidad de Estudio**

La unidad de estudio serán los especímenes de suelo adicionado cal y los especímenes adicionando cemento portland tipo I, donde el suelo a utilizarse se extraerá de la trocha que va del distrito de Chillia hasta el anexo de Canta haciendo un recorrido de 4 kilómetros.

**Espécimen:** Está definida como aquella muestra representativa de un grupo o conjunto de cosas, materiales, animales o personas que presentan las mismas características (UMACOM, 2017)

### **2.2.2 Población**

En la presente investigación, la población serán todos los especímenes ensayados en el Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte (UPN) lo cual se resume con el material propio del terreno para poder clasificar el tipo de suelo existente y las muestras a las cuales se les adiciona cal y cemento portland tipo I.

### **2.2.3 Muestra**

El muestreo para esta investigación es no probabilístico, porque no se aplica bajo ningún modelo probabilístico de selección, ni tampoco rigiéndose de alguna norma. El tipo de muestreo

es por conveniencia, puesto que el número de testigos es elegido por el tesista, quien selecciona las unidades a analizar que cumplan con los criterios de estudio.

Para realizar esta tesis tomaremos 4km de la trocha, porque presenta un bajo volumen de tránsito. Se debe realizar 1 calicata x km y estas se ubicaran longitudinalmente y en forma alternada **Tabla 3** según (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013). El muestreo y la respectiva exploración a cielo abierto se harán a las 4 calicatas según indica la NTP 339.127, cada calicata será de 1mx1mx1.50m de profundidad respecto al nivel de la sub rasante. Cada calicata presenta diferentes estratos, Calicata 1 (C1- 2 estratos), Calicata 2 (C2- 3 estratos), Calicata 3 (C3- 2 estratos) y Calicata 4 (C4- 2 estratos), dando como resultado 11 muestras de suelo; a estos suelos se les somete a los diversos ensayos para determinar el tipo de suelo predominante.

Para ejecutar el ensayo proctor modificado tomaremos muestras de la calicata C3 porque se encuentra en el tercer kilometro como indica la norma, esta tiene dos estratos 1.50m y 0.80m a estas se las estudiara en estado natural con el fin de encontrar el contenido de humedad optimo sin ninguna alteración. Por otro lado, el ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) se efectúa cada 3 km cuando sean trochas **Tabla 4**, este ensayo se hará en la calicata que tenga el suelo más repetitivo a través de los 4 km, por lo que se toma C3 en el cual se analiza sus dos estratos, donde en el Est. 1.50m se tendrá CBR en estado natural del suelo ,para lo que se genera 3 CBR, con el 2% y 4% de cal se harán 6 estudios de CBR y por último el CBR con 2% y 4% de cemento portland tipo I también se realizará 6 ensayos CBR, obteniendo al final 15 especímenes ensayados; en Est. 0.80 se seguirá el mismo proceso antes mencionado, generando un total de 30 muestras.

**Tabla 17:** Población de la investigación

ADICIONANTES	DOSIFICACIÓN	EST. 1.50m	EST. 0.80m	CBR
Suelo natural	0	3	3	6
	2%	3	3	6
Cal	4%	3	3	6
Cemento Portland	2%	3	3	6
tipo I	4%	3	3	6
	Total	15	15	<b>30</b>

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

## 2.3 Técnicas e Instrumentos de Recolección y Análisis de Datos

### 2.3.1 Técnica de Recolección de Datos

La técnica que se utilizará para esta investigación será la observación de tipo directa ya que este es un método muy utilizado en el campo de la ingeniería vial, dando como ventaja a que el investigador pueda estar en contacto real con el fenómeno que está estudiando.

Lo primero que se hará es la visita a campo, donde se visualizó la trocha y se seleccionó los tramos para realizar 1 calicata cada 1000m en orden inalterado, también llevaremos la ficha de observación para anotar las medidas de los estratos y dimensiones de las calicatas. Luego se obtuvieron las muestras a cielo abierto y se las trasladaron al laboratorio de la Universidad Privada del Norte que es donde se realizarán los ensayos para poder obtener los resultados de esta investigación.

### 2.3.2 Instrumentos de Recolección de Datos

Los instrumentos que se utilizaron para la actual investigación, fueron los siguientes: equipos de laboratorio para realizar los ensayos a las muestras en su estado natural y cuando se le adicione la cal o cemento portland tipo I, estos equipos correctamente calibrados y en buen estado, también se utilizó equipo de cómputo (para procesar los datos), información bibliográfica, sugerencias e investigaciones de otros tesisistas, manuales de laboratorio para seguir los pasos de acuerdo a las normas de cada ensayo dichos manuales actualizados, equipos fotográficos, calculadoras y materiales de apunte.

El instrumento que nos permite recolectar los datos es una ficha de observación en la cual tomaremos nota a detalle de las medidas, formas, colores y cantidades que presenta cada muestra **Anexo 1 y 2**. Esta ficha de observación se encuentra validada por el experto en suelos siendo el Ingeniero Enrique Lujan, quien ha tenido a bien trabajar y conocer sobre este tipo de temas y quien valido que con esta ficha se podría recolectar toda la información de campo.

### **2.3.3 Instrumentos de Análisis de Datos**

Para la presente investigación se analizará los datos estadísticos mediante el método de inferencia estadística, ya que es una técnica que permite conocer cuál será la posible conducta de una población con un determinado margen de error calculado en probabilidad; para eso se recoge información empírica de una muestra. (Terrones A. T., 2018). En los instrumentos de análisis de datos se utilizará gráficos estadísticos y tablas de frecuencias por lo que se empleara el software de Microsoft Excel 2016.

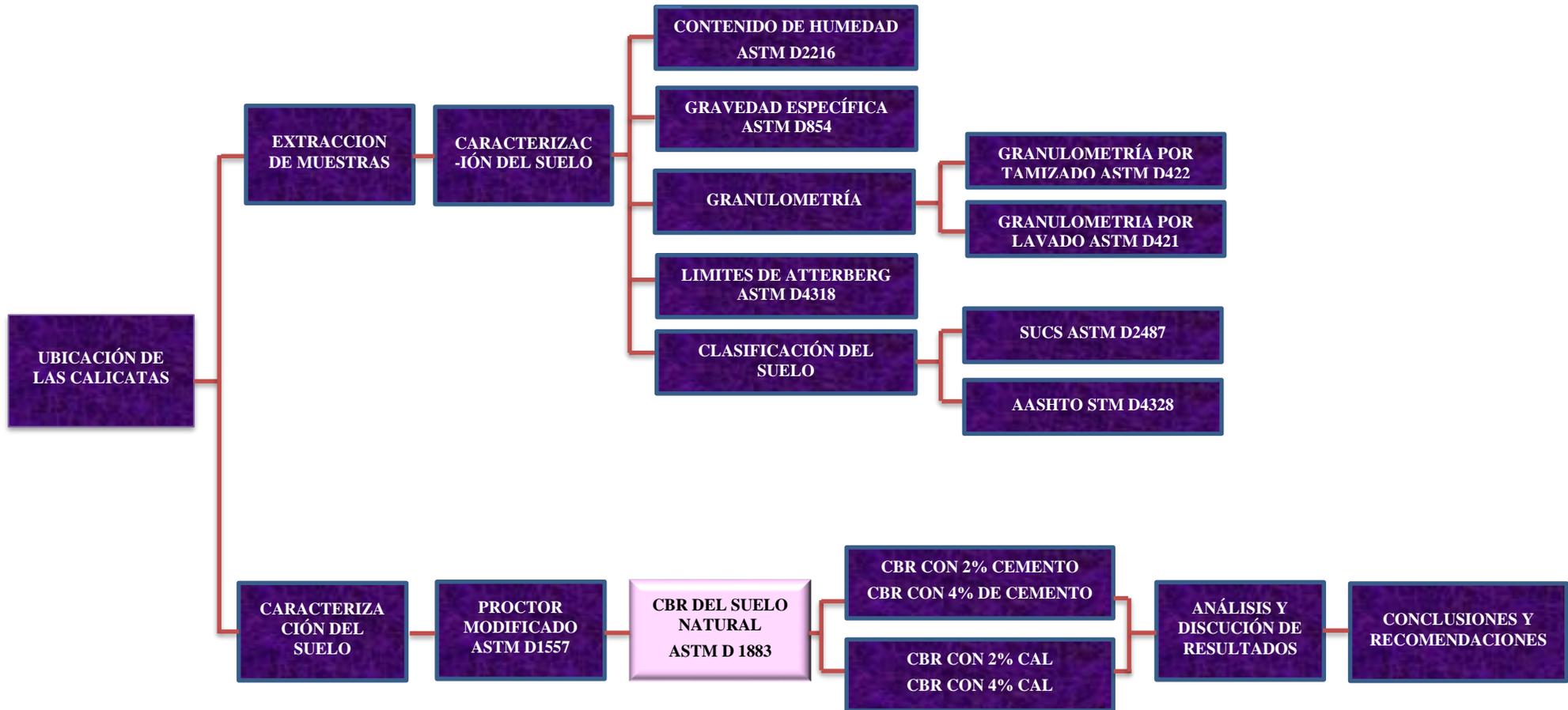
Para el análisis de datos se recurrirá al software estadístico SPSS donde se aplicará la prueba de normalidad Shapiro Wilk, seguido se procede al análisis de varianza o ANOVA, luego se realiza la homogeneidad de varianza, dentro de esta se encuentra Test de Levene, finalmente se hará la prueba de Turkey .

## **2.3 Procedimiento**

### **2.4.1 Procedimiento de Recolección de Datos**

La investigación muestra las varias etapas; en la cual se inicia con la excavación de calicatas y extracción de muestras para transportarlas al laboratorio de suelos, en donde a cada muestra se le estudia con los ensayos mencionados en la **Ilustración 4**, estos ensayos sirven para clasificar al suelo según sus dos métodos SUCS Y ASSHTO, la otra parte de la tesis es realizar el ensayo proctor modificado y CBR al suelo predominante en la trocha que es la calicata C1 que tiene

sus dos estratos ,el primero a 1.50m de profundidad y el segundo a 0.95; únicamente a este suelo se le hace los dos ensayos antes mencionados; el proctor en estado natural del suelo para los dos estratos, sabiendo que la  $D_s$ . máx y el contenido de humedad serán diferentes en ambas muestras y el CBR en estado natural del suelo , así como el CBR con 2% de cal en una muestra y el 2% de cemento en la misma muestra pero en otro molde; lo mismo sucede con el 4% de cal y 4% de Cemento Portland tipo I . Al tener los resultados se podrá comparar los moldes con 2% de cal vs moldes 2% Cemento Portland tipo I, de igual para el 4%.



**Ilustración 4:** Procedimiento esquemático del procedimiento de la investigación

**Fuente:** Elaboración propia, 2018

### 2.4.1.1 Exploración, Muestreo y Obtención del Material

Para la obtención de las muestras se realizó las calicatas correspondientes. Para ello se tomó 4 km de la trocha del distrito de Chillia, en este tramo se hicieron 4 calicatas, 1 por km como indica el manual de carreteras. Cada calicata se hizo de 1mx1mx1.50m de profundidad. Este material extraído se colocó en bolsas y sacos según los estratos encontrados y se las trasladará al laboratorio de suelos de la Universidad Privada del Norte donde el material será analizado con los ensayos respectivos.



**Ilustración 5:** Obtención del material en campo

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### 2.4.1.2 Contenido de Humedad (NTP 339.127)

Este ensayo es para determinar la cantidad de agua en el suelo existente para lo que se pesa el material húmedo en su estado natural  $W_w$  que se usó 500 gr, luego se ingresa al horno durante 24 horas para luego registrar su peso seco  $W_s$ .



**Ilustración 6:** Muestras del ensayo contenido de humedad

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Balanza

- ✓ Horno

- **Expresión de resultados:**

$$W\% = \frac{W_w}{W_s} * 100$$

*Ecuación 1: Contenido de humedad*

### **2.4.1.3 Gravedad Específica (NTP 339.131)**

Como indica la norma peruana se debe hacer este ensayo con un picnómetro de 1Lt pero este equipo no existe en laboratorio de UPN, por ende se realizó el ensayo en dos partes, uno para los finos y otro para los gruesos. Lo primero que se hace es pasar el material por la malla #8, y al material que pasa se le conoce como fino y se le pone en un recipiente con agua por 24 horas y se le saca para secarlo en la estufa o cocina eléctrica para seguir el proceso de la fiola.



**Ilustración 7:** Ensayo de gravedad específica del suelo

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Canastilla

- ✓ Fiola

- ✓ Tamiz #8

- **Expresión de resultados:**

$$Y_s = \frac{(W_s)}{(W_s) + (W_{fw}) - (W_{fws})} * 100$$

*Ecuación 2: Peso específico del material fino*

$$Y_s = \frac{(W_{aire})}{(W_{aire}) - (W_{sumer})} * 100$$

*Ecuación 3: Peso específico de material grueso*

Donde  $W_s$ : es la muestra seca,  $W_{fw}$ : fiola llena de agua hasta la marca de 500ml,  $W_{fws}$ : fiola más suelo y el agua hasta 500ml. Por otro lado para estudiar el material grueso se considera al  $W_{aire}$ : peso de la piedra al aire,  $W_{sumer}$ : peso de la piedra sumergida al agua.

#### 2.4.1.4 Análisis Granulométrico por Tamizado (NTP 400.012)

Su propósito es obtener la repartición por tamaño de las partículas presentes en un tipo de suelo. Ofrece un criterio obvio para una clasificación descriptiva. Para este ensayo se hace con la muestra seca  $W_s$ , que es 500 gr ya que el tamaño máximo nominal está en la malla 3/8", luego se tamiza para poder pesar el material retenido en cada tamiz PRP y se prosigue con los cálculos. Al encontrar el  $C_u$  y  $C_c$  se podrá determinar si la arena está bien graduada o no.



**Ilustración 8:** Ensayo de granulometría por tamizado  
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Tamices

- **Expresión de resultados:**

$$\%RP = \frac{PRP}{W_s} * 100$$

*Ecuación 4: Porcentaje retenido en cada tamiz*

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

**Ecuación 5:** Porcentaje acumulado en cada tamiz

$$\% \text{ que pasa} = 100\% - \%RA$$

**Ecuación 6:** Porcentaje acumulado que pasa en cada tamiz

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}$$

**Ecuación 7:** Coeficiente de Uniformidad  $C_u$

$$C_c = \frac{D_{30}^2}{D_{60} * D_{10}}$$

**Ecuación 8:** Coeficiente de Uniformidad  $C_c$

#### 2.4.1.5 Análisis Granulométrico por Lavado (ASTM D421)

Este ensayo se realiza para ver cuánto de agregado grueso, arenas y finos existe en el suelo en estudio **Tabla 7**; el proceso es poner la muestra 500gr en un recipiente y se cubre con agua durante algunas horas, luego se tamiza por la malla #200 mediante chorro de agua hasta que el agua que pase sea transparente.



**Ilustración 9:** Ensayo de granulometría por lavado

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

Seguido se deja secar en el horno por 24 horas, para luego tamizarlas por el juego de tamices

**Tabla 6.** Se conoce que las fórmulas para procesar los datos y obtener la distribución granulométrica son las mismas que para el análisis granulométrico por tamizado en seco.

- **Aparatos**

- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Tamices
- ✓ Muestras

- **Expresión de resultados:**

$$\%RP = \frac{PRP}{Ws} * 100$$

*Ecuación 9: Porcentaje retenido en cada tamiz:*

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

*Ecuación 10: Porcentaje acumulado en cada tamiz*

## 2.4.1.6 Límites de Consistencia

### 2.4.1.6.1 Límite Líquido de los Suelos (NTP 339.129)

Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Tamizar el material por la malla #40 se usó 40 a 64gr, luego se mezcla con agua y se coloca una porción de pasta en la Casagrande, hacer una ranura en el centro para dividir en dos partes, elevar y caer la copa y cuando las dos partes se pongan en contacto en la parte inferior de la ranura se toma esta porción y se la pone al horno por 24 horas para hallar su contenido de humedad. El número de golpes estar comprendido entre 6 y 35. Si la ranura se cierra muy lento, se debe aumentar más cantidad de agua, pero si se cierra muy rápido entonces se aumenta la cantidad de tierra.



**Ilustración 10:** Ensayo de límite líquido

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Tamiz N°40
- ✓ Espátula de hoja flexible
- ✓ Aparato del límite líquido (copa de Casagrande) y Ranurador
- ✓ Balanza
- ✓ Probeta 100ml

- **Expresión de resultados:**

$$\% \text{ de humedad} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de muestra seca}} * 100$$

**Ecuación 11:** Límite líquido de un suelo

$$\text{Límite líquido a 25 golpes} = w^n \left( \frac{N^{0.121}}{25} \right)$$

**Ecuación 12:** Límite líquido a 25 golpes

#### 2.4.1.6.2 Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (NTP 339.129)

Está determinado por el contenido de humedad que corresponde al límite permitido entre el estado de un suelo plástico y semisólido, el material cuyo contenido de humedad es menor al LP es considerado un suelo NP (no plástico). La muestra que se usa es de 4 gr pasada el tamiz N°40, se trata de hacer una masa redonda al suelo, luego sobre una placa de vidrio rodar con los dedos hasta darle forma de bastón y cuando muestre algunas fisuras se mete al horno para encontrar su contenido de humedad .



**Ilustración 11:** Ensayo de límite plástico de un suelo

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Espátula
- ✓ Recipiente para Almacenaje, de porcelana
- ✓ Balanza
- ✓ Horno
- ✓ Tamiz N° 40
- ✓ Agua

- ✓ Superficie de vidrio
- ✓ Capsula de porcelana
- ✓ Taras establecidas

- **Expresión de Resultados**

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad.

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{peso de agua}}{\text{peso de suelo}} \times 100$$

*Ecuación 13: Límite Plástico*

$$\text{Índice de Plasticidad} = LL - LP$$

*Ecuación 14: Índice de Plasticidad IP*

#### **2.4.1.7 Clasificación de Suelos Método SUCS ASTM D2487**

Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) es el más usado desde el punto de vista de mecánica de suelos, este sistema asigna distintos símbolos para cada uno de los tipos de suelo, ya sean suelos finos o gruesos, orgánicos o inorgánicos. Los principales parámetros que se tomaron en cuenta para realizar esta clasificación fueron: el límite líquido (LL), límite plástico (LP), el índice de plasticidad (IP) y el tamaño de partículas (granulometría), con los cuales se puede describir el comportamiento mecánico del suelo. Para clasificar un suelo en este método se usa la carta de plasticidad en la **Ilustración 2**.

#### **2.4.1.8 Clasificación de Suelos Método AASHTO ASTM D4328**

El sistema de la American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO) es usado para clasificar materiales a emplearse en caminos. El primer paso es verificar si el suelo es granular o fino, dependiendo del porcentaje que pasa el tamiz N° 200; posteriormente se procede a revisar los tipos de suelos (granular o fino, el que corresponda) desde izquierda a derecha: % que pasa el tamiz N°10, % que pasa el tamiz N°40, % que pasa el

tamiz N°200, Límite Líquido e Índice de Plasticidad. Finalmente se realiza el cálculo del índice de grupo, mediante la siguiente fórmula:

$$IG = (F200 - 35)(0.2 \div 0.005 + 0.005(LL - 40))$$

*Ecuación 15: Índice de grupo para la clasificación del suelo*

Dónde: F200: Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N°200 expresado en número, LL: Límite Líquido e IP: Índice de Plasticidad.

#### **2.4.1.9 Ensayo Proctor Modificado (NTP 339.141)**

El objetivo del ensayo es establecer el contenido de humedad óptimo para el cual el suelo logra su máxima densidad seca. Se tiene que escoger un método de ensayo para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco compactado con una energía de compactación determinada. Según la gradación de las partículas se aplica uno de los métodos que se detallan en la **Tabla 13**, en este estudio se utilizará el método B por las condiciones que presenta el suelo. Se prepara la cantidad de la muestra según el método a usar que serán 3kg que debió haber pasado el tamiz 3/8", se prepara el molde y se procede a llenar el material en 5 capas, realizando golpes que irán de 25-56 según método a usar A,B,C, para esta tesis serán 25 golpes por cada capa.

El agua que se utilizara para cada muestra iniciara con un 3% para luego seguir subiendo cada 1.5%, por lo que se tendrá 4.5%,6%,7.5% y 9% de agua. Finalmente se desmolda y se saca las muestras, una superior, central e inferior, estas ingresar al horno por 24 horas y obtener el contenido de humedad.



**Ilustración 12:** Ensayo proctor modificado de un suelo  
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Molde cilíndrico 4 o 6 pulgadas con una altura de 4,584 pulg.
- ✓ Pisón o Martillo, el pisón debe caer libremente a una altura de 18 pulg
- ✓ Balanza
- ✓ Horno de Secado
- ✓ Regla metálica para enrasar y medir
- ✓ Tamices de 19" (19,0 mm), 3/8" (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm)
- ✓ Instrumentos tales como cucharas, mezclador, pipeta, probetas, fuentes

- **Ecuaciones**

Una vez determinados el contenido de humedad de cada muestra hallar la densidad seca ( $D_s$ ) de cada punto con la siguiente expresión:

$$D_s = \frac{ym}{1 + w}$$

**Ecuación 16:** Densidad Seca

Dónde:

$y_m$  = densidad húmeda

w = contenido de humedad

#### 2.4.1.10 Ensayo California Bearing Ratio CBR (NTP 339.143)

Este ensayo se ejecuta con el fin de determinar la resistencia del terreno, además sirve para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de la sub rasante. El proceso que se sigue para desarrollarlo es el siguiente:

Se realizaron los cálculos correspondientes a los porcentajes (%) en peso del material estabilizante, en este caso la cal y cemento portland tipo a ser necesitado. Así para una mezcla de 8000 gr. de suelo el 2% de cal corresponde a 160gr, de igual manera que el 4% de cal o cemento portland tipo I corresponde 320 gr de los 8000gr de suelo. Se procedió a agregar el suelo 8kg en una bandeja donde se homogenizará la mezcla de suelo y la cal o el cemento portland tipo I según sea la muestra que se quiera hacer **Tabla 29** y **Tabla 30**, luego se añade la cantidad óptima de agua para lograr la compactación adecuada, recordando que la humedad óptima del Est.1.50m es diferente al Est. 0.95m así como sus contenidos de humedad. Se compactó la muestra en 5 capas, en cada uno de los 3 moldes de CBR, el primero con 12 golpes por capa, el segundo con 25 golpes por capa y el tercero con 56 golpes por capa. Terminada la compactación del material dentro del molde, se procedió a colocar los 3 moldes dentro de una poza de agua durante 4 días (96 horas), de tal manera se tomó registro de las lecturas de expansión cada 24 horas. Pasados los 4 días se sacó los moldes de la poza de agua para realizar el ensayo carga – penetración (determinación de la resistencia a la penetración), de cada uno de los moldes. Se retiró el dial, trípode, la sobrecarga y la placa de expansión, para en ese estado dejarlo durante 15 minutos drenar el agua sobrante, para poder así luego realizar el ensayo de carga.



**Ilustración 13:** Ensayo CBR de un suelo  
**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Aparatos**

- ✓ Prensa de compresión, molde de metal cilíndrico y una placa de base perforada, disco espaciador de metal, de forma circular, pistón de penetración metálico de sección transversal circular
- ✓ Aparato medidor de expansión, dial y trípode, dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1"), depósito para la inmersión de los moldes.
- ✓ Misceláneos, Tamices, papel filtro, espátulas, enrasador, pipeta.

- **Compactación**

Preparamos la muestra con contenido óptimo de humedad y sus % de aglomerantes propuestos en la investigación, seguido compactamos los moldes en 5 capas, cada molde tendrá 12,25 y 56 golpes, luego sacamos el collarín y enrasamos con una regla metálica para pesar la muestra. Finalmente sacamos tres muestras de cada espécimen para ponerla al horano por 24 horas y encontrar el % de humedad según norma MTC E 108 y la densidad seca.



**Ilustración 14:** Compactación del suelo para ensayo CBR

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

### **Hinchamiento**

La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde. En este ensayo ya se tiene las probetas listas, entonces las llevamos al depósito de agua para sumergirlas durante 4 días y vamos tomando lecturas en el deformímetro para ver cuánto se hincha este suelo.



**Ilustración 15:** Midiendo el hinchamiento del suelo para ensayo CBR

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

- **Ecuaciones**

La expansión se calcula con la siguiente expresión

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L2 - L1}{127}$$

*Ecuación 17: Expansión del suelo*

Donde:

L1: Lectura inicial en mm y L2: Lectura final en mm

- **Penetración**

Sacamos los especímenes del agua y los ponemos de costado durante 15 min para que vaje toda el agua, luego se aplica una sobrecarga, se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Estas lecturas del dial se hacen a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.125, 0.150, 0.175, 0.200, 0.250, 0.300, 0.350, 0.400, 0.450, 0.500 para la curva. Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad. Para calcular el CBR, se le hace con el dato de penetración a 0.1 pulg y 0.2 pulg conociendo que el esfuerzo patrón para 0.1 pulg es de 1000 lb/pulg<sup>2</sup> y para 0.2 pulg es de 1500 lb/pulg<sup>2</sup>.



**Ilustración 16:** Especímen en la maquina CBR

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

$$CBR = \frac{\sigma_t}{\sigma_p} * 100$$

*Ecuación 18: Capacidad de soporte del suelo*

Donde:

$\sigma_t$ = esfuerzo de la muestra ensayada

$\sigma_p$ =esfuerzo patrón

## **2.4.2 Procedimiento de Análisis de Datos**

### **2.4.2.1 Prueba de normalidad**

Se conoce como prueba de normalidad cuando los datos correspondientes a la variable dependiente se encuentran distribuidos con normalidad en toda su población. En esta se trabaja con la forma Shapiro Wilk, ya que la presente investigación ensaya menos de 50 muestras. Esta prueba presenta las siguientes hipótesis (Carranza & Fernandez, 2018).

Ho= Hipótesis Nula, la variable de la población tiene distribución normal.

H1: Hipótesis Alterna, la variable de la población es distinta a la distribución normal.

### **2.4.2.2 Análisis de varianza**

Más Conocido como ANOVA , es un método que estudia a dos o más conjuntos con el único objetivo de establecer si estos grupos tienen similitud tanto es sus procesos como en los resultados que presenten; dando a conocer si la variación es significativa existe un efecto de interacción (Vicéns, Herrarte, & Medina, 2005).

### **2.4.2.3 Homogeneidad de varianza**

Se conoce así cuando la varianza que presentan los resultado no varía, es decir es constante en cada uno de los niveles de un factor (Salgado, s.f).

### **✚ Test de Leve**

Su principal función es comparar de dos poblaciones hacia arriba, permitiendo elegir entre diferentes estadísticos de centralidad: mediana (por defecto), media, media truncada. Lo antes mencionado significativo a la hora de diferenciar la homocedasticidad, claro que dependerá de cómo estén distribuidos los grupo ya sea de forma normal o no. (Carranza & Fernandez, 2018).

#### **2.4.2.4 Prueba de Turkey**

Sirve para experimentar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia, la cual se requiere que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos, a través del ANOVA. Asimismo, al realizar las comparaciones múltiples es importante considerar la tasa de error. Para realizar este procedimiento primero se calcula el valor crítico de todas las comparaciones por pares, luego se obtiene el error estándar de cada promedio, el T (alfa), por último, se calcula la diferencia de las medias al realizar las comparaciones con el valor crítico. Esta prueba se utiliza cuando el tamaño de muestras seleccionadas son iguales en cada grupo para comparar promedios entre dos grupos y son múltiples las comparaciones (Fallas, 2012).

### **2.4.3 Desarrollo de la Tesis**

#### **2.4.3.1 Lugar del Desarrollo de Tesis**

La ejecución de la presente tesis se realizó en el laboratorio de Mecánica de Suelos de la Universidad Privada del Norte sede San Isidro- Trujillo.

#### **2.4.3.2 Materiales, Diseño y Aplicación**

##### **2.4.3.2.1 Materiales estabilizantes**

###### **Cal**

Se utilizó Cal de obra, de la marca Martell ya que cuenta con la normativa correspondiente que valide su confiabilidad como estabilizante, el color que presenta es blanco humo y su principal

aplicación es en suelos. El peso de la cal cuando se adiciona el 2% es de 160gr y cuando se adiciona el 4% es de 320gr. La cal más utilizada para estabilizante es la cal alta en calcio que contiene máximo el 5% de óxido o hidróxido de magnesio, muchas veces se utiliza la cal dolomítica que contiene 35% a 46% de óxido o hidróxido de magnesio (Hernández, 2016).

#### **Cemento Portland tipo I**

El Cemento Portland tipo I, obtenido de la molienda conjunta de Clinker y yeso será el utilizado para esta investigación. Se utilizó el de la marca Pacasmayo ya que cumple con la NTP 334.009, ASTM C150, además por los componentes que presenta es el más común para estabilizar suelos. Los porcentajes varían de 2% que será 160gr del peso del suelo y 4% que será 320gr quitados al suelo para reemplazarlos con cemento.

#### **Agua**

Se utilizó agua destilada, donde se trabajó con un 3% (90gr) de agua ya que se trabajó con una muestra de suelo de 3000gr, luego este porcentaje de agua fue aumentando a raíz de 1.5 logrando tener para la M2 un porcentaje de 4.5% (135gr) de agua, M3 tiene 6% (180gr) , M4 obtuvo 7.5% (225gr)y M5 tuvo 9% (270gr) de agua.

### **2.4.3.2.2 Aplicación**

#### **Ensayo de Proctor Modificado**

Para este ensayo se tomó de muestras 3kg por cada espécimen, debido a la granulometría se trabajó con el MÉTODO B, así también se usaron los moldes de 4" (115\*10), el agua que se utilizó inicia con un 3% y se va aumentando de 1.5% a 1.5% hasta hacer las 5 muestras (5 moldes) con diferentes % de agua. En cada molde se procesa 5 capas dando 25 golpes a cada capa utilizando el pistón grande por ser ensayo modificado; Se utilizó papel filtro para poner en la base del molde y en la superficie luego de compactar; luego enrasamos y pesamos, seguido quitamos una pequeña muestra de suelo para el ensayo de contenido de humedad, por lo que se

coloca en sentido echado al molde y utilizando el pistón se empieza a empujar el suelo hasta lograr sacar las muestras en la parte inferior, superior y céntrica del espécimen.

### **Ensayo CBR**

Se procesó a la Calicata 3 (C3), donde se realizó 3 especímenes por cada estrato de calicata, con su contenido de humedad óptimo encontrado en el ensayo proctor modificado. El molde 1 para el CBR patrón solo se hizo mezclando la tierra 8kg y agua, el CBR con cal se hizo paralelo al CBR con cemento, como solamente se contaba en el laboratorio con 6 moldes no se podía avanzar mucho; el peso de cal o cemento que se le adiciona a las muestras, es el peso que se le descuenta a la tierra ver **Tabla 29** y **Tabla 30**; cabe mencionar que los moldes están compactados en 5 capas de 12, 25 y 56 golpes por molde. Para la prueba de hinchamiento los diales no tenían la misma lectura inicial debido a que su punto de descanso era diferente para todos y sus unidades están en pulg o mm como se observa en los anexos.

#### **2.4.3.2.3 Zona de aplicación**

##### **2.4.3.2.3.1 Ubicación de la trocha**

La trocha se encuentra ubicada en el departamento de La Libertad, Provincia de Pataz distrito de Chillia, siendo este uno de los 13 distritos de la Provincia limitando por el norte con el distrito de Huayo y Parcoy, por el sur con Taurija y Buldibuyo, por el oeste con Ancash **Anexo 1**. Chillia está dividido en tres sectores, contado con 42 anexos y con una población total de 11 678 habitantes, teniendo 2511 personas en la población urbana y 9167 en la zona rural (INEI, 2017). La trocha se ubica específicamente en el tramo de Chillia al anexo de Canta logrando un recorrido de 4 km en total **Anexo 2** y **Anexo 3**.

- **Posición Geográfica:** Chillia se encuentra entre las coordenadas 8°07'19'' latitud sur, y 77°30'45'' latitud este.

- **Superficie Territorial:** 300.04 Km<sup>2</sup> (INEI, 2017) de los cuales 3 Km<sup>2</sup> pertenecen al área urbana y el resto a la zona rural que constituyen los anexos o centros poblados.
- **Altitud**  
3118 m.s.n.m. (INEI, 2017)

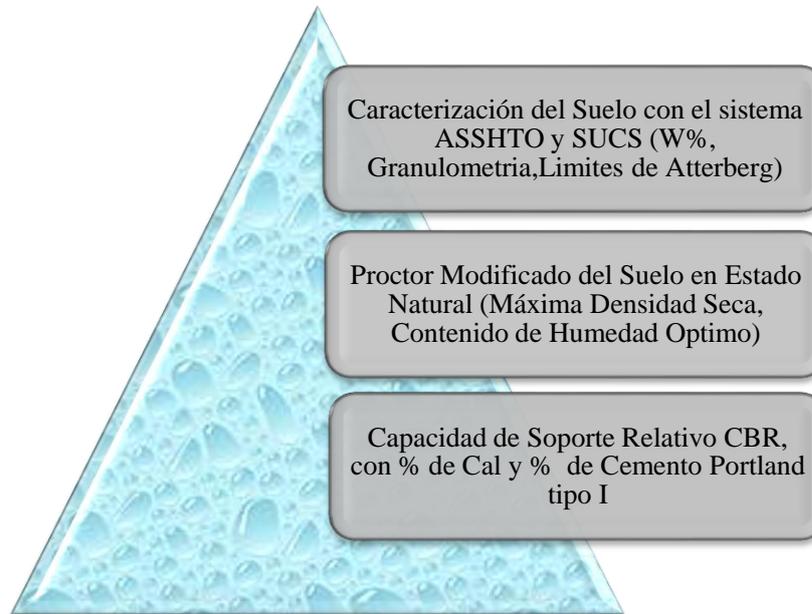
#### 2.4.3.2.3.2 Características de la Zona

El sistema hidrográfico está formado por varias fuentes de agua, siendo los más importantes: el río Chillia, el río Blanco, el río Caja, el río Quishuar y el río Bambas. El sistema orográfico (topografía) en el distrito de Chillia es muy accidentada o montañosa cuyo relieve presenta cerros o picos de cierta consideración siendo las más conocidas las tres Tullpas; llanuras más o menos extensas denominadas pampas, hoyadas o cañadas; quebradas secas; y quebradas que dan lugar a ríos de cierta importancia. Chillia presenta una diversidad de microclimas debido a la naturaleza del relieve y una geografía bastante accidentada. Durante el año se evidencian dos estaciones bien definidas: 1) El invierno se produce de enero a marzo, y se caracteriza por las abundantes precipitaciones fluviales que van acompañadas de granizo, truenos, relámpagos y rayos. 2) Entre los meses de abril a diciembre se presenta la estación de verano que se caracteriza por sus temperaturas secas y calurosas.

- **Principal producción de la zona:** La actividad económica principal a la cual se dedica la mayor parte de la población es la ganadería, siendo la primordial la comercialización de quesos a la empresa MARZA, seguida de la agricultura, comercio (de productos de pan llevar, ganado y productos frutícolas) y minería.
- **Población beneficiada:** Se ve favorecida toda la población de este distrito, en especial los transportistas quienes entran con la distribución de abarrotes para la población, así como los empresarios que exportan quesos a otros distritos.

### CAPÍTULO 3. RESULTADOS

Los resultados estarán desarrollados de acuerdo a lo explicado en la operacionalización de variables, donde se conoce 3 dimensiones por cada una de estas.



**Ilustración 17:** Desarrollo de las dimensiones de la tesis

**Fuente:** Elaboración propia, 2019

#### 3.1 Ensayos para Clasificar el Suelo

Los siguientes ensayos se realizaron para las cuatro calicatas que se están estudiando a través de esta trocha, estas serán estudiadas en los diferentes estratos que presenten.

##### 3.1.1 Contenido de Humedad

Los resultados en resumen se pueden ver en la **Tabla 19**, en donde se detalla el resultado del contenido de humedad de cada calicata con sus respectivos estratos, realizados como indica la NTP 339.127.

**Tabla 18:** Resultados de los ensayos de Contenido de Humedad

CALICATAS	ESTRATOS	CONTENIDO DE HUMEDAD W(%)
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	12.34
	EST. 0.95 m	9.46
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	7.13
	EST. 1.00 m	6.90

	EST. 0.45 m	4.91
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50 m	6.60
	EST. 0.80 m	5.77
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50 m	8.28
	EST. 0.85 m	6.69

**Fuente:** Base de datos, 2019

### 3.1.2 Gravedad Específica de Suelos

En la **Tabla 20** se muestran el resumen de todos los resultados de los ensayos de gravedad específica que se les realizó a las muestras obtenidas de cada calicata con sus respectivos estratos. La ejecución de estos ensayos se realizó tal y como indica la NTP 339.131.

**Tabla 19:** Resultados de los ensayos de Gravedad Específica

CALICATAS	ESTRATOS	GRAVEDAD ESPECÍFICA
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	2.65
	EST. 0.95 m	2.66
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	2.67
	EST. 1.00 m	2.66
Calicata 3 (C3)	EST. 0.45 m	2.64
	EST. 1.50 m	2.65
Calicata 4 (C4)	EST. 0.80 m	2.65
	EST. 1.50 m	2.66
	EST. 0.85 m	2.67

**Fuente:** Base de datos, 2019

### 3.1.3 Análisis Granulométrico de los Suelos por Tamizado

En la **Tabla 21** se muestra el análisis granulométrico de suelos por tamizado, reflejando los porcentajes que pasan en la malla N°200 de cada muestra de suelo, así como el coeficiente de uniformidad y el de curvatura para verificar si es un suelo pobremente o bien graduado. En la **Tabla 22** se observa los porcentajes del material de grava, arenas (gruesa, media y fina) y finos (limos y arcillas). El desarrollo de los ensayos se hizo siguiendo la NTP 339.128.

**Tabla 20:** Resultados de los ensayos de Granulometría por Tamizado Cu, Cc

CALICATAS	ESTRATOS	% PASA N°200	% PASA N°4	Cu	Cc
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	5.99	77.04	17.84	0.65

	EST. 0.95 m	5.21	73.04	18.55	0.58
	EST. 1.50 m	6.03	82.22	15.71	0.50
Calicata 2 (C2)	EST. 1.00 m	5.63	74.61	19.33	0.50
	EST. 0.45 m	5.82	75.44	19.22	0.52
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50 m	5.02	73.66	19.00	0.53
	EST. 0.80 m	5.14	75.08	19.03	0.51
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50 m	5.38	73.84	22.02	0.74
	EST. 0.85 m	5.20	72.32	21.05	0.65

Fuente: Base de datos, 2019

**Tabla 21:** Resultados de los ensayos de Granulometría por Tamizado

CALICATAS	ESTRATOS	GRAVA	ARENA	FINOS
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	22.96	71.05	5.99
	EST. 0.95 m	26.96	67.82	5.21
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	17.78	76.19	6.03
	EST. 1.00 m	25.39	68.98	5.63
Calicata 3 (C3)	EST. 0.45 m	24.56	69.63	5.82
	EST. 1.50 m	26.34	68.65	5.02
Calicata 4 (C4)	EST. 0.80 m	24.92	69.94	5.14
	EST. 1.50 m	26.16	68.46	5.38
	EST. 0.85 m	27.68	67.12	5.20

Fuente: Base de datos, 2019

### 3.1.4 Análisis Granulométrico de los Suelos por Lavado

En la **Tabla 23** se muestra el resumen de todos los ensayos de granulometría que se le hizo a cada estrato de suelo, así como los porcentajes de grava, arena y finos existentes en este; para su ejecución se sigue las indicaciones de ASTM D421.

**Tabla 22:** Resultados de los ensayos de Granulometría por Lavado

CALICATAS	ESTRATOS	GRAVA	ARENA			FINOS
			Gruesa	Media	Fina	
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	37.42	25.37	22.90	4.79	9.51
	EST. 0.95 m	28.99	19.33	30.17	11.94	9.57
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	21.57	17.73	27.55	22.73	10.43
	EST. 1.00 m	25.92	18.66	24.86	22.39	8.17
Calicata 3 (C3)	EST. 0.45 m	30.86	18.35	28.46	14.39	7.94
	EST. 1.50 m	29.09	18.55	28.49	15.42	8.46
Calicata 4 (C4)	EST. 0.80 m	23.31	17.82	30.26	18.04	10.56
	EST. 1.50 m	26.17	19.87	27.86	16.84	9.25
	EST. 0.85 m	31.16	18.11	24.90	14.17	11.66

Fuente: Base de datos, 2019

### 3.1.5 Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP)

En la **Tabla 24** se muestra los resultados en resumen de los ensayos correspondientes a límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de las muestras tomadas de cada calicata, este proceso realizado bajo lo indicado en la NTP 339.129.

**Tabla 23:** Resultados de los ensayos de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad

CALICATAS	ESTRATOS	LL	LP	IP
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	38.36	26.17	12.19
	EST. 0.95 m	30.24	27.35	2.89
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	37.03	22.58	14.45
	EST. 1.00 m	30.92	28.01	2.91
	EST. 0.45 m	34.67	31.92	2.75
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50 m	39.18	27.82	11.36
	EST. 0.80 m	30.35	23.83	6.51
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50 m	26.76	14.67	12.09
	EST. 0.85 m	22.83	17.07	5.76

**Fuente:** Base de datos, 2019

### 3.1.6 Clasificación del Suelo - Sistema SUCS

En la **Tabla 25** se muestra el resumen de los resultados que se obtuvo al clasificar cada estrato de suelo según el sistema SUCS, esta caracterización se procesó bajo lo indicado por la NTP 339.134.

**Tabla 24:** Resultados de la Clasificación del Suelo - Sistema SUCS

CALICATAS	ESTRATOS	CLASIFICACIÓN DE SUELOS SUCS
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SM) con limos de baja plasticidad, color amarillo oscuro.
	EST. 0.95 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SC), con arcillas de baja plasticidad, color marrón.
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SM), con limos de baja plasticidad, color amarillo oscuro.
	EST. 1.00 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SC), con arcillas de baja plasticidad, color marrón.
	EST. 0.45 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SM), con limos de baja plasticidad, color amarillo oscuro.
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SM), con limos de baja plasticidad, color marrón.
	EST. 0.80 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SC), arcillas de baja plasticidad, color marrón oscuro.
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50 m	Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SM), con limos de baja plasticidad, color amarillo claro.

---

EST. 0.85 m      Suelo arenoso pobremente graduado (SP-SC), arcillas de baja plasticidad, color amarillo oscuro.

---

**Fuente:** Base de datos, 2019

### 3.1.7 Clasificación del Suelo - Sistema AASHTO

En la **Tabla 26** se muestra el resumen de los resultados que se obtuvo al clasificar cada estrato de suelo según el sistema AASHTO, para lo que se necesitó tener todos los resultados de los ensayos anteriores.

**Tabla 25:** Resultados de la Clasificación del Suelo - Sistema AASHTO

CALICATAS	ESTRATOS	GRUPO	Clasificación de Suelos AASHTO
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50 m	A2	A2-6(28)
	EST. 0.95 m	A2	A2-4(17)
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50 m	A2	A2-6(25)
	EST. 1.00 m	A2	A2-4(15)
	EST. 0.45 m	A2	A2-6(14)
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50 m	A2	A2-6(26)
	EST. 0.80 m	A2	A2-4(19)
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50 m	A2	A2-6(29)
	EST. 0.85 m	A2	A2-4(18)

**Fuente:** Base de datos, 2019

## 3.2 Ensayos Realizados a las Muestras Patrón

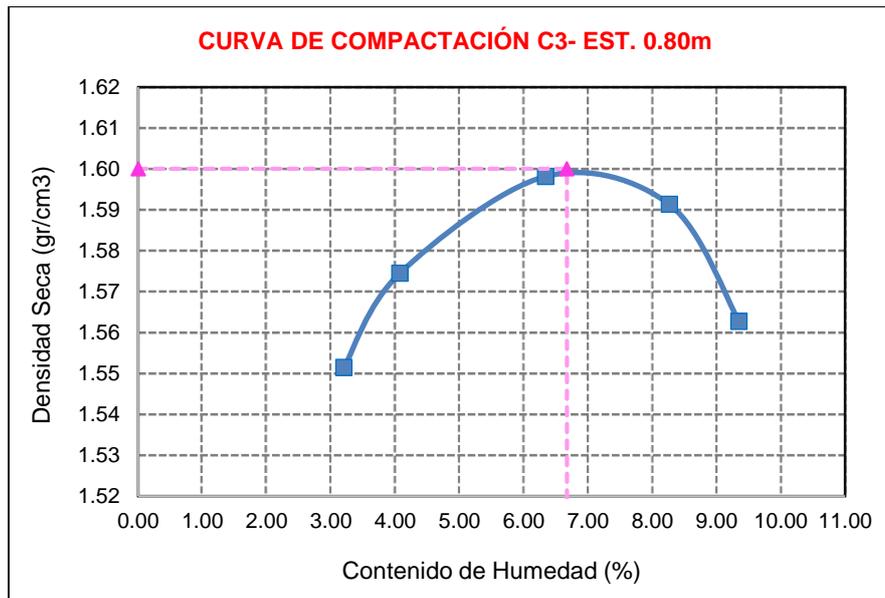
### 3.2.1 Proctor Modificado

En la **Tabla 27** se muestra el resumen de los resultados que se obtuvo del ensayo Proctor Modificado para el suelo en estado natural C3- Est. 0.80 m; para el Est. 1.50 m los resultados se muestran en la **Tabla 28** con sus respectivas representaciones gráficas **Ilustración 18** e **Ilustración 19**, que son el promedio de los 3 ensayos que se hizo por muestra. Este ensayo se procesó bajo lo indicado por la NTP 339.141.

**Tabla 26:** Resultados de los ensayos de Proctor Modificado C3- Est. 0.80 m

Nº DE ENSAYOS	ESTRATOS	DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
Ensayo 1	EST. 0.80 m	1.598	6.300
Ensayo 2	EST. 0.80 m	1.603	6.800
Ensayo 3	EST. 0.80 m	1.599	6.900
Proctor Promedio	EST. 0.80 m	1.600	6.660

**Fuente:** Base de datos, 2019



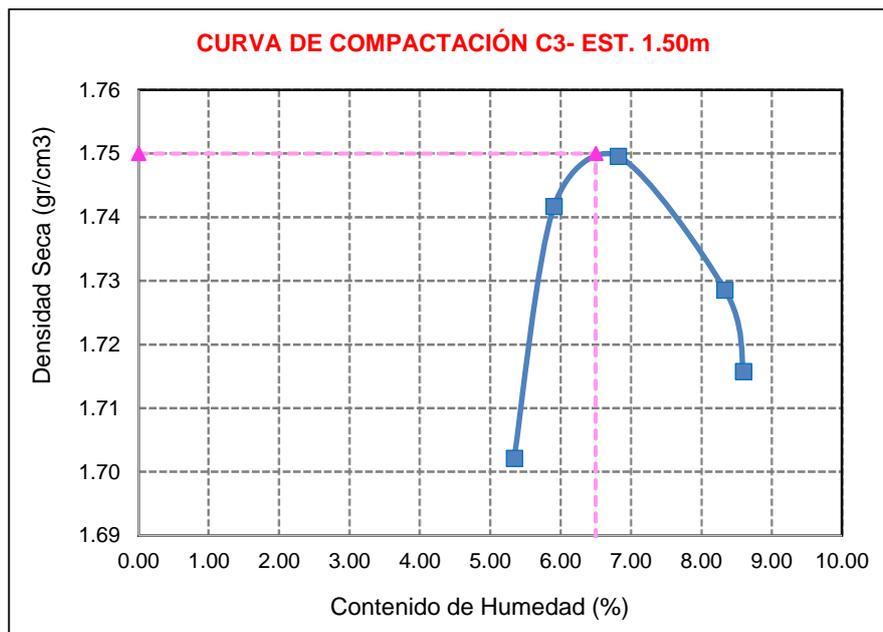
**Ilustración 18:** Gráfica de ensayo Proctor Modificado C3-Estrato. 0.80 m

**Fuente:** Base de datos, 2019

**Tabla 27:** Resultados de los ensayos de Proctor Modificado C3- Est. 1.50 m

N° DE ENSAYOS	ESTRATOS	DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	HUMEDAD ÓPTIMA (%)
Ensayo 1	EST. 1.50 m	1.760	6.000
Ensayo 2	EST. 1.50 m	1.750	6.500
Ensayo 3	EST. 1.50 m	1.730	6.700
Proctor Promedio	EST. 1.50 m	1.750	6.400

**Fuente:** Base de datos, 2019



**Ilustración 19:** Gráfica de ensayo Proctor Modificado C3-Estrato. 1.50 m

**Fuente:** Base de datos, 2019

### 3.2.2 Ensayos CBR realizados al suelo adicionando Cal y Cemento Portland tipo I

#### 3.2.2.1 Dosificación de materiales para cada espécimen del ensayo CBR

En la **Tabla 29** y **Tabla 30** se muestran las cantidades de los materiales a utilizar para cada molde del ensayo CBR, Cal o Cemento Portland tipo I, agua y tierra, estos son componentes para los moldes del Est. 0.80 m y Est. 1.50 m de la Calicata 3 (C3).

**Tabla 28:** Dosificación de materiales para especímenes de CBR con 2% de Estabilizante

DESCRIPCIÓN	% HUMEDAD	AGUA (gr)	TIERRA (gr)	CEMENTO PORTLAND TIPO 1 - 2% (gr)	CAL - 2% (gr)
Estrato 1.50m	6.40%	512	7840	160	-
	6.40%	512	7840	-	160
Estrato 0.80m	6.66%	532	7840	160	-
	6.66%	532	7840	-	160

Fuente: Base de datos, 2019

**Tabla 29:** Dosificación de materiales para especímenes de CBR con 4% de Estabilizante

DESCRIPCIÓN	% HUMEDAD	AGUA (gr)	TIERRA (gr)	CEMENTO PORTLAND TIPO 1 - 4% (gr)	CAL - 4% (gr)
Estrato 1.50m	6.40%	512	7680	320	-
	6.40%	512	7680	-	320
Estrato 0.80m	6.66%	532	7680	320	-
	6.66%	532	7680	-	320

Fuente: Base de datos, 2019

#### 3.2.2.2 CBR de Calicata 3 - Estrato 0.80 m con 2% y 4% de conglomerante

En la **Tabla 31** se muestra el resumen de los resultados que se obtuvo del ensayo CBR de las muestras tomadas de la Calicata 3 (C3) en su Est.0.80 m.

**Tabla 30:** Resultados de los ensayos CBR en C3 - Est. 0.80 m

CBR	ESTRATOS	CBR AL 95% MDS (0.1")			CBR AL 95% MDS (0.2")		
		1	2	3	1	2	3
CBR PATRON	EST. 0.80m	2.10%	2.30%	2.00%	1.90%	2.10%	1.80%
CBR + 2% CEMENTO PORTLAND TIPO I	EST. 0.80m	28.00%	29.20%	30.00%	25.40%	27.20%	28.00%
CBR + 4% CEMENTO PORTLAND TIPO I	EST. 0.80m	51.00%	50.10%	50.00%	45.50%	46.00%	46.00%
CBR + 2% CAL	EST. 0.80m	2.80%	2.70%	3.00%	2.60%	2.50%	2.80%
CBR + 4% CAL	EST. 0.80m	3.10%	3.40%	3.80%	3.00%	3.20%	3.60%

Fuente: Base de datos, 2019

### 3.2.2.3 CBR de Calicata 3 - Estrato 1.50 m con 2% y 4% de conglomerante

En la **Tabla 32** se muestra el resumen de los resultados que se obtuvo del ensayo CBR de las muestras tomadas de la Calicata 3 (C3) en su Estr. 1.50 m, así también se presentan los resultados del CBR patrón, CBR con la adición de Cal y CBR con Cemento Portland tipo I.

**Tabla 31:** Resultados de los ensayos CBR en C3 - Est. 1.50 m

CBR	ESTRATOS	CBR AL 95% MDS (0.1")			CBR AL 95% MDS (0.2")		
		1	2	3	1	2	3
CBR PATRON	EST. 1.50m	2.20%	2.80%	3.00%	2.30%	2.90%	3.10%
CBR + 2% CEMENTO PORTLAND TIPO I	EST. 1.50m	30.00%	32.00%	34.00%	28.00%	30.00%	31.00%
CBR + 4% CEMENTO PORTLAND TIPO I	EST. 1.50m	55.00%	58.00%	59.00%	49.00%	50.00%	51.00%
CBR + 2% CAL	EST. 1.50m	3.20%	3.40%	3.50%	3.20%	3.30%	3.40%
CBR + 4% CAL	EST. 1.50m	3.50%	3.70%	4.00%	3.40%	3.60%	3.90%

**Fuente:** Base de datos, 2019

### 3.2.2.4 CBR de diseño para Calicata 3 – Estrato 0.80 m y Estrato 1.50 m

En la **Tabla 33** se muestra el resumen de los resultados promedio que se obtuvo del ensayo CBR de la Calicata C3 en el estrato de 1.50m y 0.80m, estos resultados arrojan el CBR patrón, CBR 2% y 4% de Cemento Portland tipo I, CBR 2% y 4% de Cal. Los resultados a analizar para esta investigación será CBR al 95% MDS (0.2")

**Tabla 32:** Resultados del ensayo CBR de diseño para C3 - Est. 0.80 m y Est. 1.50 m

DESCRIPCIÓN	ESTRATO 0.80 m		ESTRATO 1.50 m	
	CBR AL 95% MDS (0.1")	CBR AL 95% MDS (0.2")	CBR AL 95% MDS (0.1")	CBR AL 95% MDS (0.2")
CBR PATRÓN	2.13%	1.93%	2.77%	2.77%
CBR + 2% CEMENTO TIPO I	29.07%	26.87%	32.00%	29.67%
CBR + 4% CEMENTO TIPO I	50.37%	45.83%	57.33%	50.00%
CBR + 2% CAL	2.83%	2.63%	3.37%	3.30%
CBR + 4% CAL	3.43%	3.27%	3.73%	3.63%

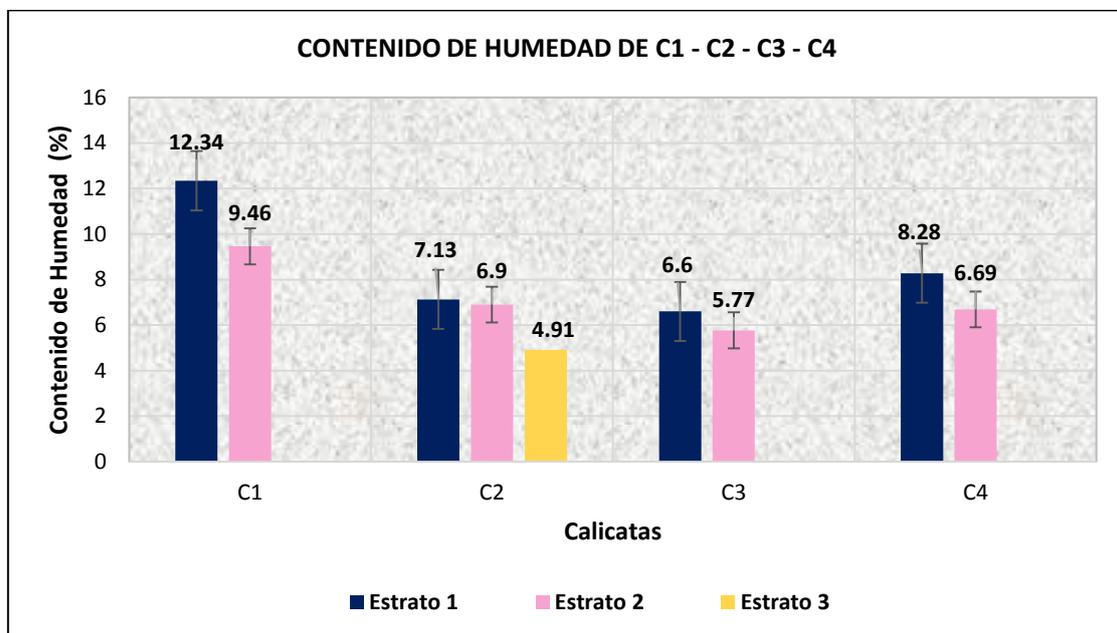
**Fuente:** Base de datos, 2019

## CAPÍTULO 4. DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

### 4.1 Discusión

#### 4.1.1 Contenido de Humedad de Todas las Muestras Estudiadas

El contenido de humedad es el primer ensayo que se realiza para clasificar un suelo NTP 339.127, en la **Tabla 19** se muestran los datos obtenidos en esta trocha, exponiendo la presencia de 4 calicatas donde la Calicata 1 (C1) presenta dos estratos, el primero a 1.50 m y el segundo a 0.95 m, para la Calicata 2 (C2) muestra su primer Estrato a 1.50 m, seguido de 1.00 m y su último Estrato es 0.45 m, la Calicata 3 (C3) enseña su primer Estrato a 1.50 m y el segundo a 0.80 m, finalmente la Calicata (C4) cuenta con dos Estratos, el primero a 1.50 m y el otro a 0.85 m. El contenido de humedad nos da una referencia para saber si es mayor o menor del contenido óptimo, si la humedad natural es igual o inferior a la humedad óptima se tiene que proponer la compactación normal del suelo y una cantidad de agua conveniente, si la humedad natural es superior a la humedad óptima se deberá aumentar la energía de compactación.



**Ilustración 20:** Análisis de resultados de Contenido de Humedad de todas las muestras

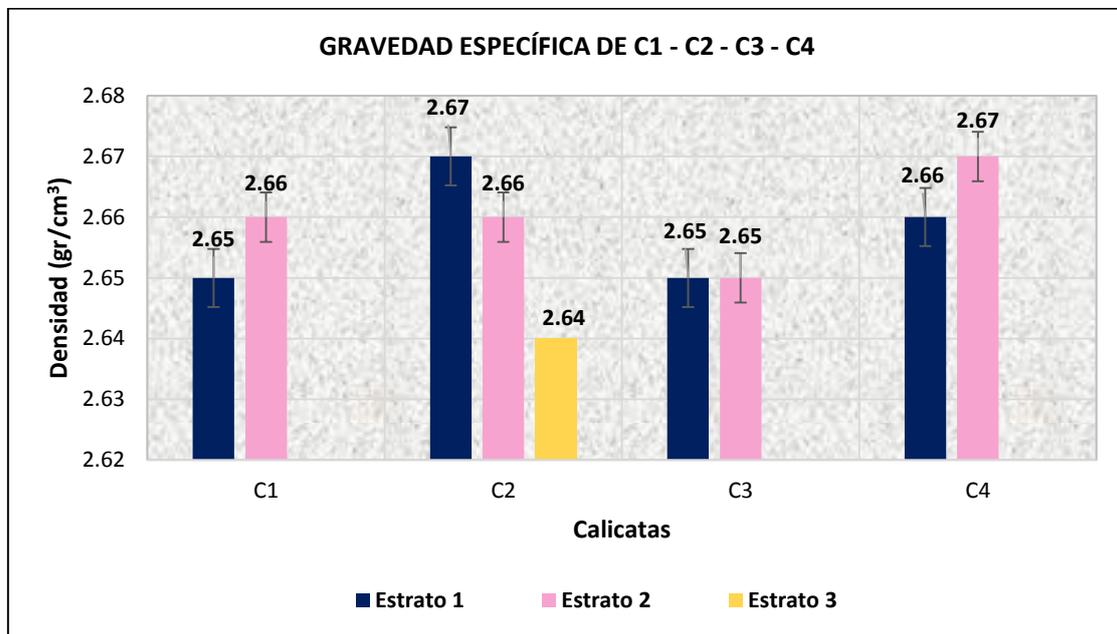
**Fuente:** Base de datos, 2019

El mayor contenido de humedad lo presenta la C1 en su Estrato 1.50 m con 12.34% comprobando que el nivel freático de la zona se encuentre posiblemente a 1.50m del terreno natural, por lo contrario, sucede con la C3 en su Estrato 1.50 m presenta 6.6% de humedad siendo el % más bajo de este estrato, la C2 y C4 presentan un porcentaje que va de 7.13% a 8.28% en su Estrato 1.50 m ver **Ilustración 20**; se deduce que los porcentajes de humedad más bajos los tiene la C3. El grado de humedad de este suelo es bajo por ser menor al 25% (Ramos, 2014). Normalmente los suelos finos (limos y arcillas) presentan porcentajes de humedad más altos como se ve en la investigación de las ingenieras (Carranza & Fernandez, 2018).

#### 4.1.2 Gravedad Específica de Suelos

La gravedad específica es el valor medio de los correspondientes a las diversas partículas sólidas del suelo para determinar el tipo del suelo que sea la muestra en estudio (Ramos, 2014).

Es por ello que se realiza este ensayo a las 4 calicatas como se ve en la **Tabla 20**.



**Ilustración 21:** Análisis de resultados de Gravedad Específica de todas las muestras

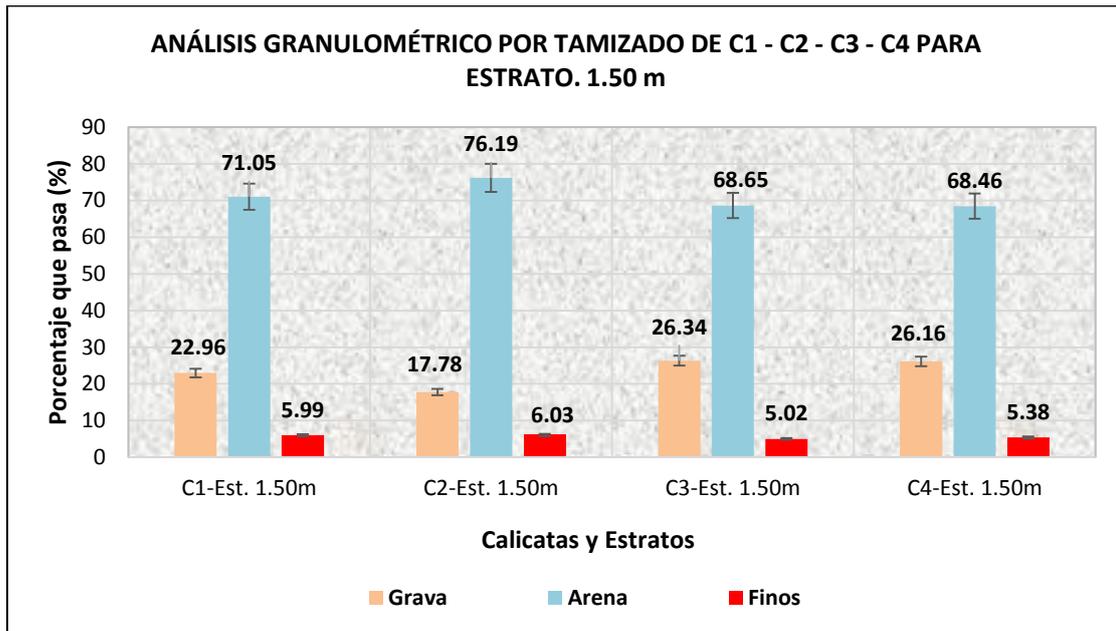
**Fuente:** Base de datos, 2019

En la **Ilustración 21** se muestra gráficamente los resultados que se obtuvieron, estos varían entre 2.64 que tiene la C2-Estrato 0.45 m, 2.67 que tiene la C4-Estrato 0.85 m y C3 que en sus dos estratos tiene una densidad de  $2.65 \text{ gr/cm}^3$ . Estos resultados clasifican a este suelo como arena ya que varían entre 2.65-2.67 según **Tabla 5**.

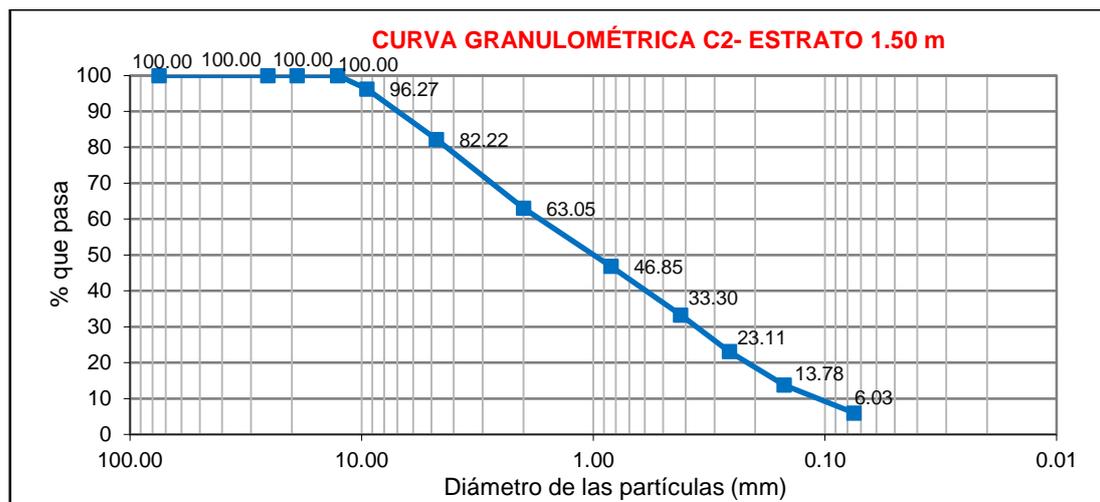
#### **4.1.3 Análisis Granulométrico de los Suelos por Tamizado**

El ensayo de granulometría se hace para notar cual es la distribución de las partículas del suelo según el tamaño que presenten (LLique, 2003). Es importante conocer la distribución que tenga el suelo en estudio ya que la resistencia de este dependerá de la compacidad y angulosidad de sus granos, es por ello que si la mayor parte de material presente es fino se deduce que el suelo no tendrá una buena capacidad de soporte (Rico & Del Castillo, 2005)

En la **Ilustración 22** se presentan los resultados gráficos de las 4 calicatas, cada una de ellas con el Estrato 1.50 m; aquí se observa que el material que predomina en este suelo es la arena, presentando C2-Estrato 1.50 m un porcentaje de arena de 76.19%, mientras que la grava presenta su porcentaje máximo de 26.34% en C3-Estrato 1.50 m y los finos presentan el 6.03% como máximo en la C2-Estrato 1.50 m. Se deduce que la distribución del material no es regular ya que no cuenta con un porcentaje de gravas mayor al de la arena. Las gravas proporcionan resistencia al corte, las arenas ocupan los vacíos entre gravas y las partículas finas aportan en la cohesión del suelo, por eso se recomienda que en la distribución granulométrica del suelo presente mayor porcentaje de grava seguido del porcentaje de arena y en menor porcentaje los finos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013).En la **Ilustración 23** se observa la curva granulométrica de la Calicata 2 (C2) Estrato 1.50 m en donde existe el mayor % de arena, la mayoría de puntos de están dentro el diámetro de los tamices que pertenecen a la arena.



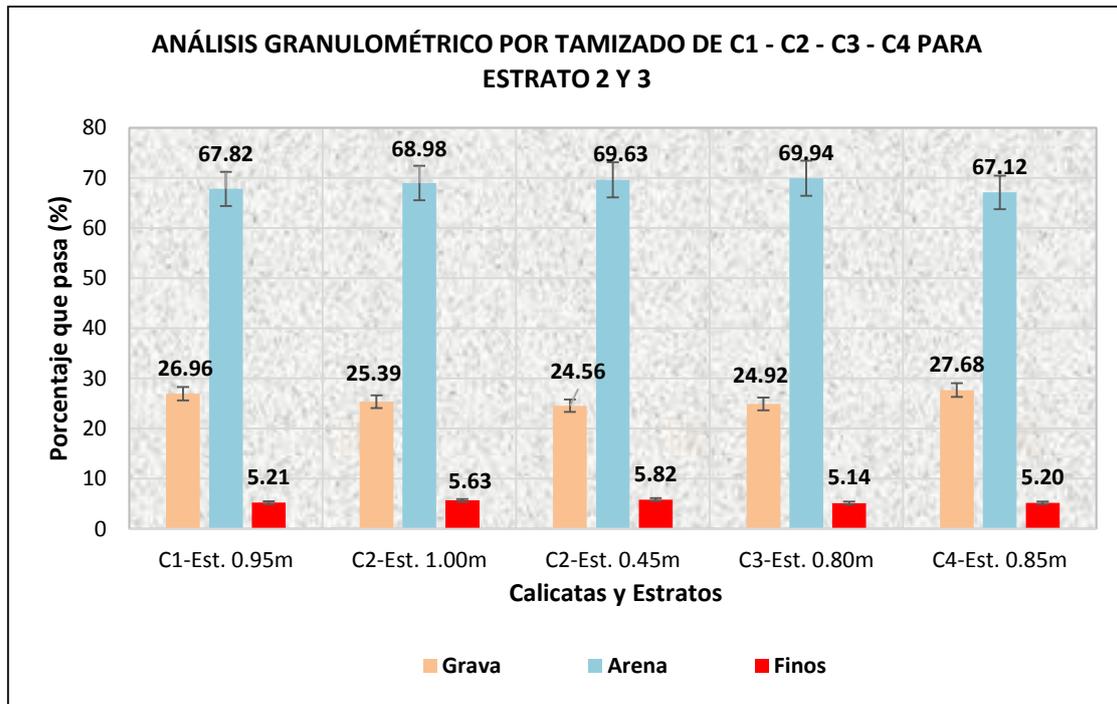
**Ilustración 22:** Análisis de resultados de Granulometría de la C1, C2, C3, C4 para el Estrato 1.50 m  
**Fuente:** Base de datos, 2019



**Ilustración 23:** Curva Granulométrica de la C2 - Estrato 1.50 m  
**Fuente:** Base de datos, 2019

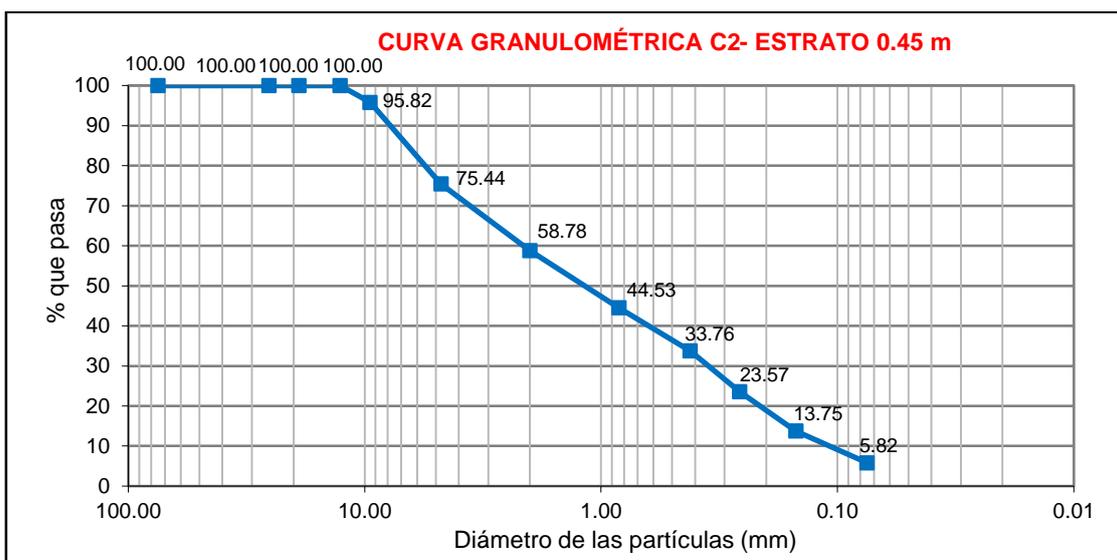
En la **Ilustración 24** se puede observar el análisis granulométrico de las cuatro calicatas pero en sus diferentes estratos; Para la C1 en su segundo estrato a 0.95 m presenta el 67.62% de arena, 26.96% de grava y 5.21% de finos, para la C2 en su segundo estrato a 1.00 m presenta 68.98% de arena, 25.39% de grava, 5.63% finos y para su tercer estrato 0.45 m presenta 69.63% de arena 1.91%, para la C3 en su estrato a 0.80 m proporciona 69.94% de arena, seguido de

24.92% de grava y 5.14% de finos, finalmente la C4 en su segundo estrato a 0.85 m tiene 67.12% de arena, 27.68% de grava y 5.20% de finos. En la **Ilustración 25** se muestra la curva granulométrica de la Calicata C2- Estrato 0.45 m en donde se comprueba que el mayor % que pasa están entre los diámetros de tamices que corresponden a la arena.



**Ilustración 24:** Análisis de resultados de Granulometría de la C1, C2, C3, C4 para estrato 2 y 3

**Fuente:** Base de datos, 2019



**Ilustración 25:** Curva Granulométrica de la C2 - Estrato 0.45 m

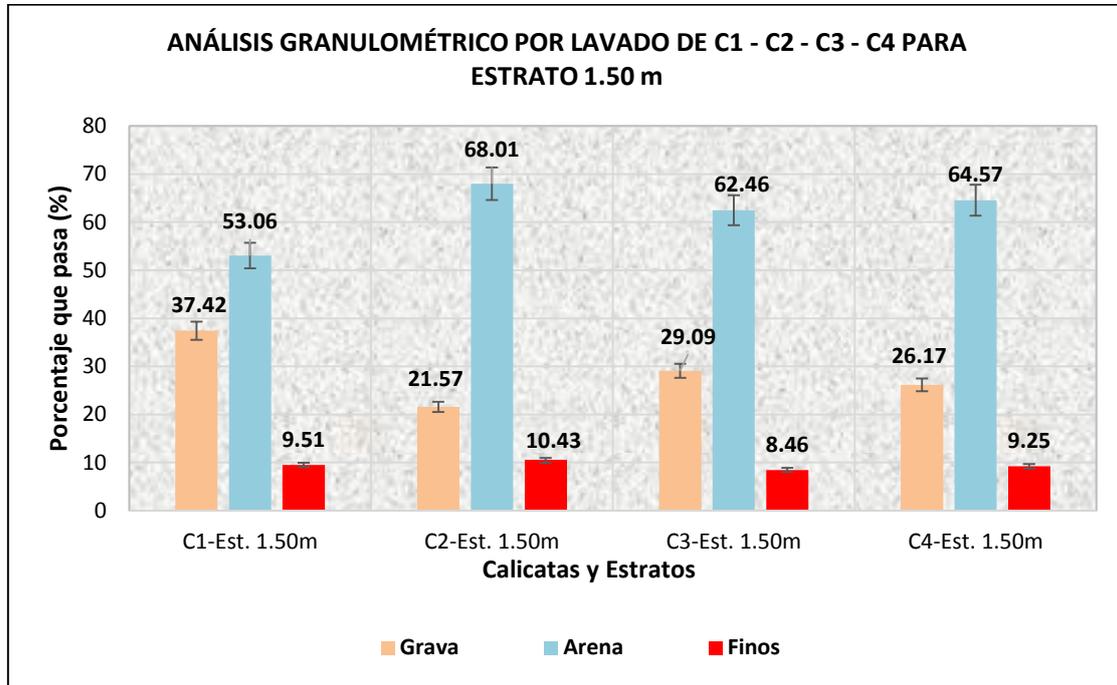
**Fuente:** Base de datos, 2019

#### 4.1.4 Análisis Granulométrico de los Suelos por Lavado

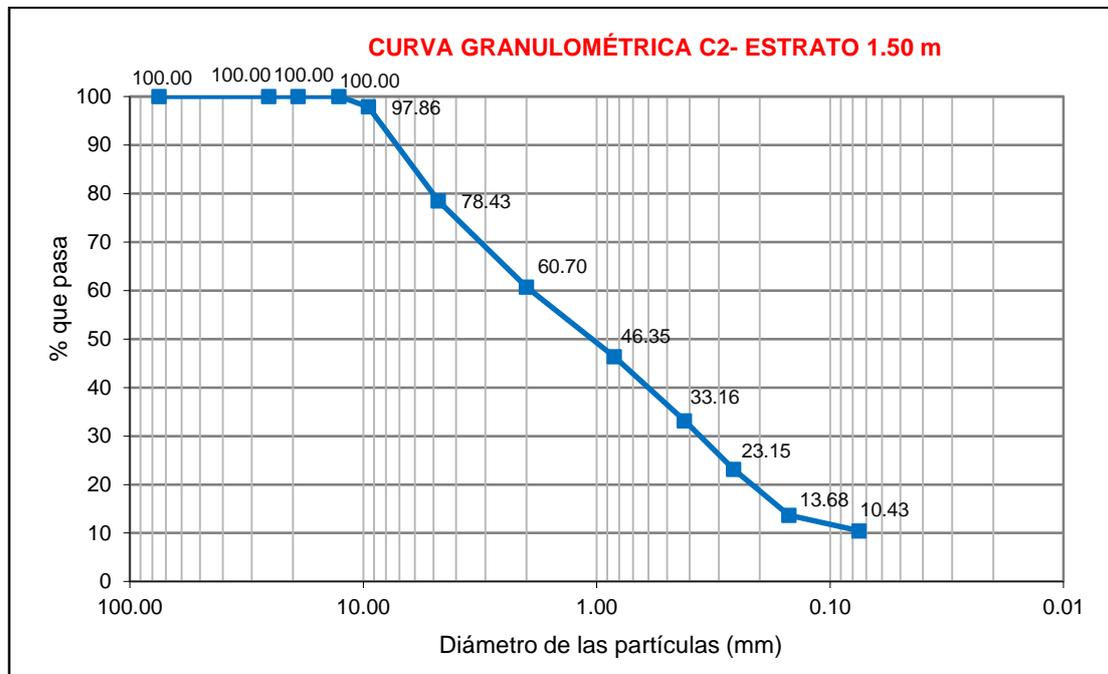
Este ensayo se le hace a suelos finos o cuando un material granular contiene finos (limos y arcillas) (LLique, 2003). En esta investigación aun cuando más del 50% del material es arena, también se nota la presencia de material fino, aunque en bajísimos porcentajes como el 9.51%, 9.57%, 10.43%, 8.17-5, 7.94%, 8.46%, 10.56%, 9.25% y 11.66% donde se puede notar que la calicata que obtuvo más finos es la C4 en su Estrato 0.80 m; es por ello que se hizo este análisis donde sus datos están en la **Tabla 23** y la representación gráfica está presente en la **Ilustración 26**, donde se observa a todas las calicatas evaluadas en sus estratos de 1.50 m, y se deduce que en las 4 existe más del 50% del material arenoso, claro que se entiende que el material fino aumento ya que al lavarlo las impurezas y suciedad es la que descuenta y se pierde en el lavado a chorro, a diferencia del análisis granulométrico por tamizado que evalúa a las partículas en su estado natural con exceso de impurezas.

Al comparar los datos obtenidos de la **Ilustración 22** quien analiza los resultados de granulometría de la C1, C2, C3, C4 para el Estrato 1.50 m y compararlos con los datos de la **Ilustración 26**, se puede referir que en este ensayo la calicata que presenta mayor porcentaje de arena es la C2-Estrato 1.50 m con 68.01% al igual que el resultado del ensayo de granulometría por tamizado que arroja 81.79% en C2-Estrato 1.50 m; respecto a los porcentajes de gravas este ensayo presenta su máximo porcentaje en la C1-Estrato 1.50 m con 37.42% y en la **Ilustración 22** presenta 48.16% en la C4-Estrato 1.50 m, finalmente comparamos los limos donde la **Ilustración 26** presenta 10.43% de finos en C2-Estrato 1.50 m al igual que en el análisis granulométrico por tamizado que presenta 1.23% de finos en C2-Estrato 1.50 m. En la **Ilustración 27** se muestra la curva granulometría de la Calicata 2 (C2)- Estrato 1.50 m la cual presenta mayor porcentaje de arena y están representados por la mayoría de puntos en la gráfica, estos puntos se encuentran entre los tamices 4.75mm - 2.00mm (arena gruesa), 2.00mm -

0.425mm (arena media) y 0.425mm - 0.075mm (arena fina), así como la **Ilustración 22** que presenta su mayor % de arena en la C2-Estrato 1.50 m.



**Ilustración 26:** Análisis de resultados de Granulometría de la C1, C2, C3, C4 para el Estrato 1.50 m  
**Fuente:** Base de datos, 2019

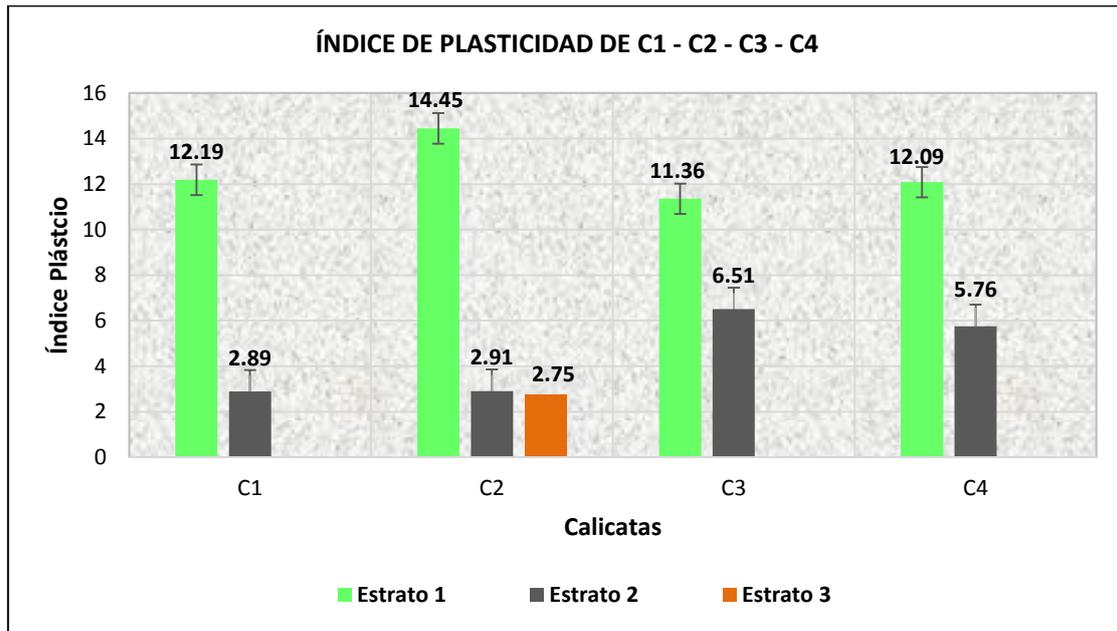


**Ilustración 27:** Curva Granulométrica de la C2 - Estrato 1.50 m  
**Fuente:** Base de datos, 2019

#### 4.1.5 Límite Líquido (LL), Límite Plástico (LP) e Índice de Plasticidad (IP)

La plasticidad es la propiedad de estabilidad que presenta los suelos hasta cierto límite sin disgregarse, es por eso que se deduce que la plasticidad del suelo no depende del material grueso que tenga sino únicamente del material fino (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013). En la **Tabla 24** se encuentran los resultados de LL que varían de 30 a 39, encontrándose el mayor LL= 39.18 en la C3-Estrato 1.50 m y el menor 22.83 en C4-Estrato 0.85 m. Todos estos resultados del LL **Tabla 24** son mucho mayores que el contenido de humedad del suelo natural **Tabla 19**, por lo que se concluye que todas las muestras se comportan como material plástico (LLique, 2003).

El límite plástico es cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se puede romper (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013). En la **Tabla 24** se observa que el LP varia de 14% a 31% logrando tener como límite plástico mayor 31.92 en C2-Estrato 0.45 m y el más bajo se encuentra en C4-Estrato 1.50 m con 14.67%. El índice Plástico (IP) es quien indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual es suelo posee plasticidad. Al ver la **Ilustración 28** se puede decir que será un suelo poco arcilloso ya que su IP es pequeño. El Índice de Plasticidad en esta investigación muestra que para la C1-Estrato 1.50 m 12.19% clasificándolo como un suelo con plasticidad media según **Tabla 8** indicando que es el tramo más desfavorable en términos de las propiedades mecánicas, la C1-Estrato 0.95 m presenta un IP= 2.89% clasificándose como un suelo con baja plasticidad, luego la C2-Estrato 1.50 m tiene un IP=14.45% clasificándose como un suelo con plasticidad media, la C3-Estrato 1.50 m su IP=11.36% clasificándose como un suelo con plasticidad media. Al ver esta gráfica deducimos que las cuatro calicatas C1, C2, C3 y C4 en sus estratos de 1.50 m presentan plasticidad media ya que sus IP son mayores a 7% y menores al 20%, por otro lado C1-Estrato 0.95 m, C2-Estrato 1.00 m, C2-Estrato 0.45 m, C3-Estrato 0.80 m y C4-Estrato 0.85 m presentan un suelo con plasticidad baja ya que sus IP son menores al 7%.



**Ilustración 28:** Análisis de resultados de Índice Plástico de todas las muestras

**Fuente:** Base de datos, 2019

#### 4.1.6 Clasificación de suelo SUCS Y AASHTO

Obteniendo las muestras de suelo del terreno natural en los 4 km, seguimos a la clasificación del suelo según el sistema SUCS, debemos analizar el % que pasa por el tamiz N°200, si él % que pasa por este tamiz es mayor al 50% este suelo será fino, pero si él % que pasa por el tamiz N°200 es menor al 50% este suelo será grueso. Dentro el suelo grueso se encuentra la arena y grava, siendo la malla N°4 quien separa a estas; si él % que pasa #4 >50% es arena y si % pasa #4 < es grava. Para desarrollar esta clasificación se utiliza la carta de plasticidad **Ilustración 2**, la granulometría **Tabla 22** y **Tabla 23** y los parámetros del coeficiente de curvatura (Cc) y coeficiente de uniformidad (Cu) **Tabla 21**, Límites de Atterberg **Tabla 24** donde está el Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de plasticidad.

En esta investigación la clasificación SUCS se puede observar en la **Tabla 25**, donde las cuatro calicatas C1, C2, C, y C4 en sus estratos de 1.50 m presentan un suelo arenoso bien graduado con limos de baja plasticidad (SW-SM) a diferencia de sus estratos de 0.95 m, 1.00 m, 0.80 m, 0.85 m que presentan un suelo arenoso pobremente graduado con arcillas de baja plasticidad

(SP-SC), por último para el estrato 0,45 m- C2 se encontró un suelo arenoso bien graduado con limos de baja plasticidad (SW-SM) .

Para la clasificación de suelos según AASHTO, se analizará el % que pasa por el tamiz N°200, si el % que pasa por este tamiz es mayor al 35% este suelo será fino, pero si el % que pasa por el tamiz N°200 es menor al 35% este suelo será grueso. Los datos que se utilizara serán los del análisis granulométrico de la **Tabla 22** y **Tabla 23**, ensayo de Limites de Atterberg LL, LP e IP **Tabla 24**, también se necesita calcular el índice de grupo (IG) que se ubica en la parte derecha de la clasificación AASHTO ver **Tabla 26**, el IG se calcula conociendo los % que pasan en la #200 **Tabla 21**, en esta investigación el IG fue cero para todas las muestras ya que el % que pasa en la malla #200 es menor al 35% haciendo que (a=0), lo mismo sucede para b, donde % que pasa en la malla #200 es menor al 15% (b=0), la variable c=0 ya que el % que pasa en la #200 es menor al 40%, por último la variable d no es igual a cero pero sus IP son bajísimos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013). La clasificación de este suelo según AASHTO nos indica que para las 4 calicatas en su estrato 1.50 m existe un suelo A2-6, que es un suelo de arenas limosas o arcillosas, y para estas mismas calicatas en sus diferentes estratos como 0.95 m, 1.00 m, 0.80 m, 0.85 m existe un suelo A2-4 que también clasifica como un material de arenas limosas o arcillosas. Asimismo el IG al ser cero da una estimación que el suelo de la sub rasante es bueno según lo indica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013)

#### **4.1.7 Proctor Modificado**

El ensayo proctor modificado se ejecuta para mejorar las propiedades del suelo por medios mecánicos, con los cuales se disminuye los vacíos, se incremente la resistencia y se disminuye la capacidad de deformación. El suelo se compacta en forma adecuada con una determinada humedad llamada humedad optima, si el agua es insuficiente no habrá una buena lubricación y

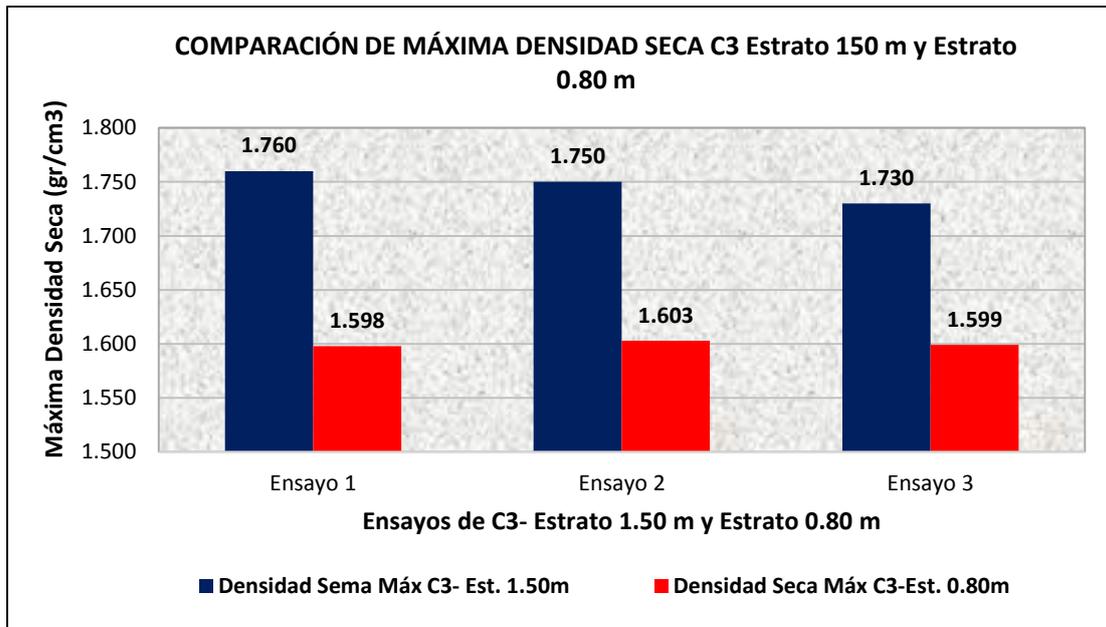
si es excesiva las fuerzas hidrostáticas tenderán a separar las partículas (LLique, 2003). Para esta investigación se realizó el proctor modificado porque este se ejecuta en carreteras, el método utilizado el “B” ya que más del 20% del material es retenido en el tamiz #4 y menos del 20% del material es retenido en el tamiz 3/8” **Tabla 13**. En esta tesis se realizó el proctor modificado a la Calicata 3 (C3) ya que se encuentra en el tercer kilómetro como indica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013).

En la **Ilustración 29** se muestra gráficamente los resultados de densidad seca máxima para C3 en su Estrato 1.50 m y Estrato 0.80 m. Para Estrato 1.50 m se hizo tres pruebas, cuya densidad seca máxima se presenta 1.730 gr/cm<sup>3</sup>, 1.750 gr/cm<sup>3</sup> y 1.760 gr/cm<sup>3</sup> logrando un promedio de 1.750 gr/cm<sup>3</sup>. Para el Estrato 0.80 m la densidad máxima varía entre 1,598 gr/cm<sup>3</sup>, 1.603 gr/cm<sup>3</sup>, 1.599 gr/cm<sup>3</sup>, logrando un promedio de 1.600 gr/cm<sup>3</sup> el cual es menor al del Estrato 1.50 m, explicando que la densidad seca del Estrato 1.50m aumenta porque tiene mayor contenido de humedad natural.

En la **Ilustración 30** se presenta el contenido de humedad óptimo para C3-Estrato 1.50 m y Estrato 0.80 m, donde % humedad que presenta el Estrato 1.50 m es 6.00%, 6.50% y 6.70% para obtener un promedio de humedad óptimo igual a 6.40%; para Estrato 0.80 m el contenido de humedad varia 6.30%, 6.80%, 6.90% para obtener un promedio de humedad óptimo igual a 6.66%. La diferencia entre el porcentaje de humedad de la C1-Estrato 1.50 m con el Estrato 0.80 m es de un 0.26% lo que significa que en un estrato hay más agua que en otro.

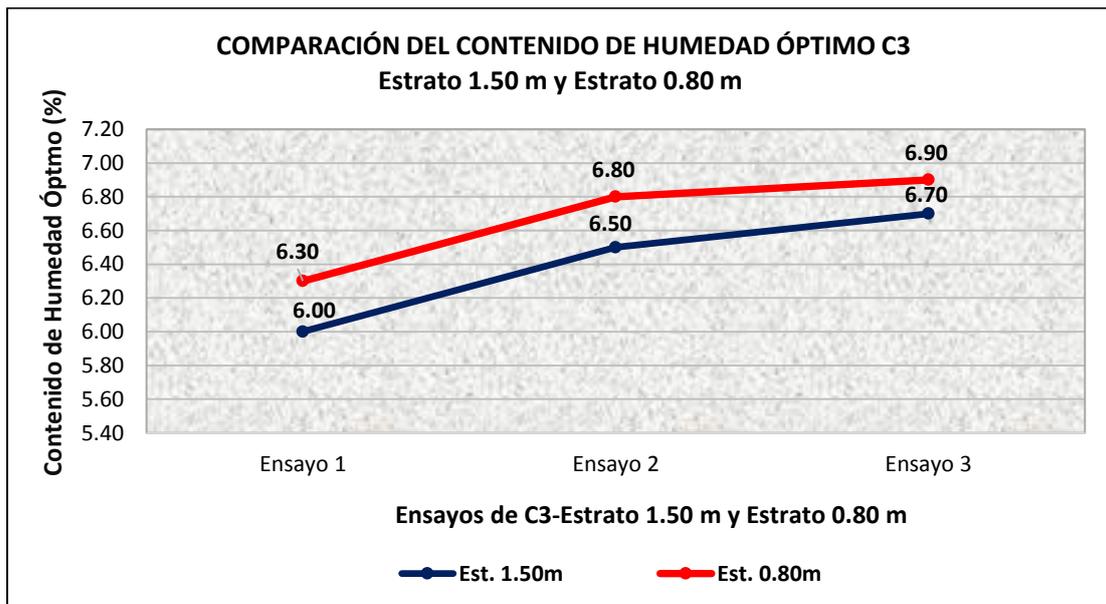
Comparando los datos de la **Tabla 29**, que muestra los resultados del ensayo de contenido de humedad del suelo natural de la C3- Estrato 1.50 m que es 6.60% con el contenido de humedad óptimo del proctor 6.40% se deduce que el suelo en estado natural no llegaría a su densidad seca máxima ya que la humedad natural es superior a la humedad óptima lo que ocasiona que la densidad seca se reduzca debido a que el agua ocupa los espacios vacíos, para llegar a la densidad seca máxima se deberá aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o

reemplazar el material saturado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2014). El efecto contrario se producirá en el Estrato 0.80 m, cuyo contenido de humedad natural es 5.77% y el óptimo es 6.66%, lo que explica que en este estrato el suelo en estado natural si llegará a una densidad seca máxima, pues su contenido de humedad natural es menor al óptimo.



**Ilustración 29:** Comparación de la Máxima Densidad Seca

**Fuente:** Base de datos, 201



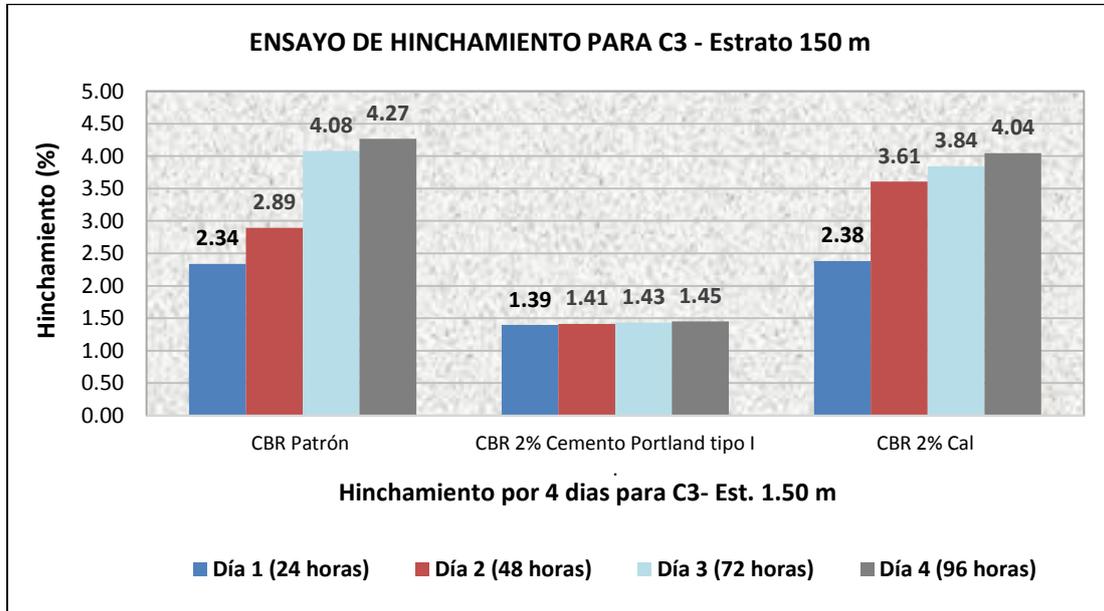
**Ilustración 30:** Comparación del Contenido de Humedad Óptimo

**Fuente:** Base de datos, 2019

#### **4.1.8 CBR del Suelo Natural – CBR 2% Conglomerante – CBR 4% Conglomerante para la C3- Estrato 1.50 m y Estrato 0.80 m**

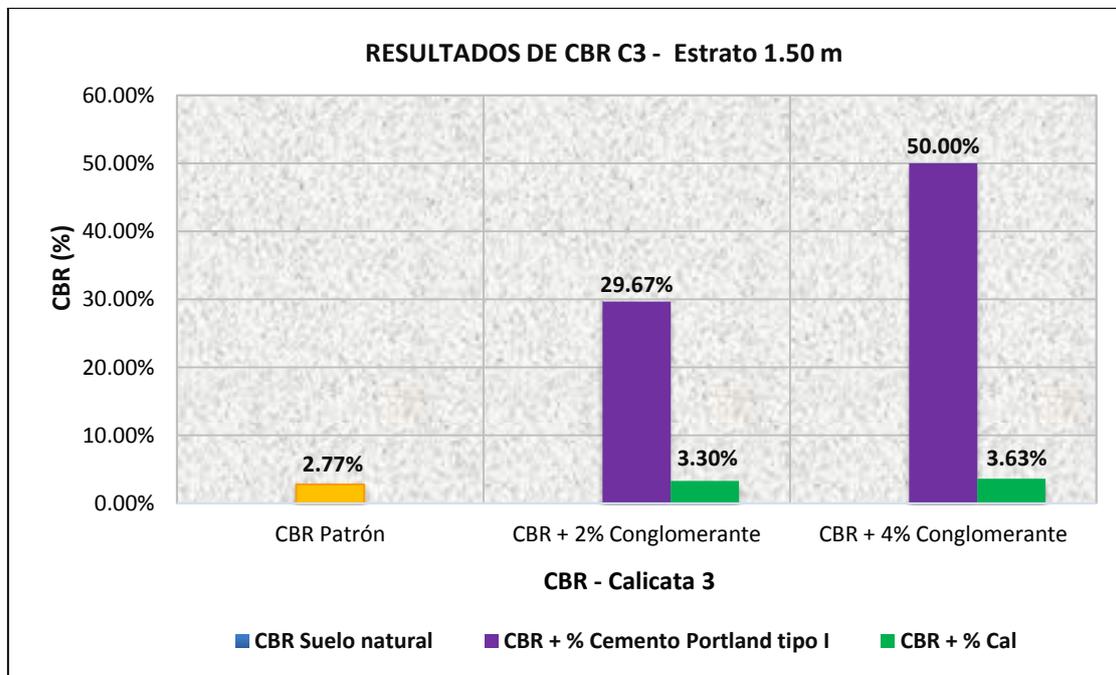
En ensayo Relación de Soporte California (CBR) sirve para evaluar la capacidad de soporte de los suelos (LLique, 2003), esta capacidad bajo las condiciones de su humedad y densidad. En la **Ilustración 32** se observa el resultado de la calicata 3 (C3) en su Estrato 1.50 m cuyo CBR en estado natural es 2.77% por lo que según él (Ministerio de Transportes y Comunicaciones , 2013) es una subrasante inadecuada por ser  $< 3\%$ , pero al aumentar el 2% de Cemento Portland tipo I se aumenta a 29.67% convirtiéndose en una subrasante muy buena, lo contrario que pasa cuando se aumenta el 2% de Cal que resulta un CBR de 3.30% y categorizándose como una subrasante pobre. Al aumentar el porcentaje de Cemento a un 4% se obtuvo un CBR de 50.00%, que por ser mayor al 30% se convierte en una excelente subrasante esto explica que el cemento se adhiere y envuelve a las partículas generando que trabajen como una sola estructura rígida que impide el ingreso de agua, lo contrario sucede cuando se aumenta el 4% de Cal al suelo natural, porque se obtiene un CBR de 3.63% dando un porcentaje de incremento menor al 1%. Cuando se adiciona el 4% de Cemento Portland tipo I se logra alcanzar el CBR máximo con un aumento sobre el 47.23% del CBR natural. La Cal no aumenta a grandes magnitudes su CBR porque los materiales que conforman este suelo en su mayoría es arena y no logran generar la adaptación adecuada con la cal a diferencia de los suelos arcillosos o limosos que por su gran cantidad de finos y su alto  $IP > 12$  este si modifica sus propiedades físicas generando un mayor aumento de consistencia (Hernández A. , 2016) ; una de estas propiedades es el hinchamiento que se puede ver en la **Ilustración 31** donde se describe que el suelo adicionando % de Cal aumenta su hinchamiento sobre el del Cemento debido a que cuando se mezcla al suelo con cal los cationes de sodio y potasio son remplazadas por cationes de calcio, causando un efecto en la modificación de la carga eléctrica superficial del suelo, de tal forma que se aumenta su capacidad de retener agua y por lo tanto el suelo cambia y modifica su estructura o volumen

ante la presencia de agua; lo contrario sucede en suelos arcillosos donde la cal reduce el hinchamiento según el tesista (Hernández A. , 2016). Además se conoce que su plasticidad no debe ser elevada para que aporte una determinada cohesión a la muestra



**Ilustración 31:** Ensayo de hinchamiento para C3-Estrato 1.50 m

**Fuente:** Base de datos, 2019



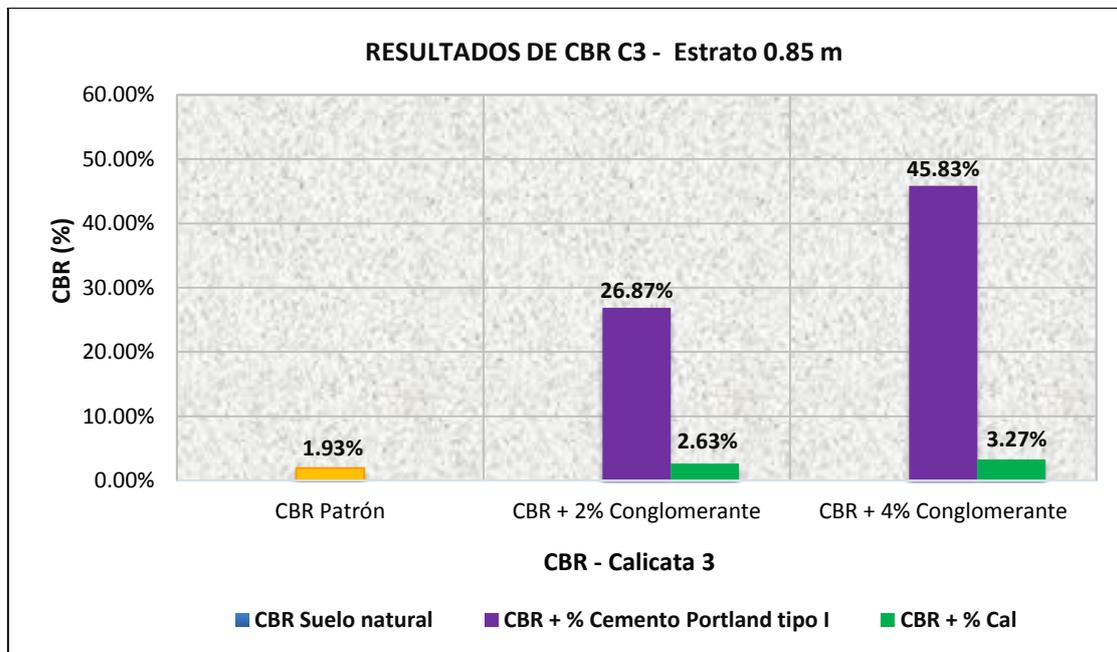
**Ilustración 32:** Análisis de resultados de CBR natural - CBR 2% Cemento Vs CBR 2% Cal - CBR 4% Cemento Vs 4% Cal para C3- Estrato 1.50 m

**Fuente:** Base de datos, 2019

En la **Ilustración 33** se observa el resultado de la calicata 3 (C3) en su Estrato 0.80 m cuyo CBR en estado natural es 1.93%, pero al aumentar el 2% de Cemento Portland tipo I se aumenta a 26.87% convirtiéndose en una subrasante muy buena, lo contrario que pasa cuando se aumenta el 2% de Cal que resulta un CBR de 2.63% y categorizándose como una subrasante pobre.

Al aumentar el porcentaje de Cemento a un 4% se obtuvo un CBR de 45.83%, que por ser mayor al 30% se convierte en una excelente subrasante.

El cemento en pequeños % aumenta su CBR porque son suelos arenosos y con gravas; los suelos arenosos con deficiencia de partículas finas pueden reaccionar perfectamente a un porcentaje pequeño de cemento logrando convertirse en un suelo eficiente. Los porcentajes de cemento aumentan significativamente para suelos arcillosos porque las partículas de estos son más pequeñas que las del cemento y no es posible cubrir las a todas, por lo que no trabajan como una sola unidad, permitiendo el ingreso de agua, quien ocasiona que este suelo se sature provocando una disminución en su resistencia, por ello se conoce que para cubrir estos espacios se necesita mayor cantidad de cemento (Hernández A. , 2016).



**Ilustración 33:** Análisis de resultados de CBR natural - CBR 2% Cemento Vs CBR 2% Cal - CBR 4% Cemento Vs 4% Cal para C3- Estrato 0.80 m

**Fuente:** Base de datos, 2019

## 4.1.9 Validación de Hipótesis Mediante Análisis Estadístico

### 4.1.9.1 Prueba de Normalidad

Se analiza haciendo uso del software estadístico SPSS, esta prueba de Shapiro Wilk, se utiliza para diferenciar la normalidad que presentan un conjunto de datos. Donde se tiene dos parámetros  $H_0$ = La muestra aleatoria tiene una distribución normal y  $H_1$ = La muestra aleatoria no tiene una distribución normal. En la **Tabla 34** y **Tabla 35** el suelo natural, cemento portland tipo I y la cal, si tienen una distribución normal, por ser mayor a 0.05.

**Tabla 33:** Prueba de Normalidad de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m

Prueba de Normalidad			
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
SUELO NATURAL	0.923	3	0.463
CEMENTO PORTLAND TIPO I	0.964	3	0.637
CAL	1.000	3	1.000

**Fuente:** Software Estadístico SPSS

**Tabla 34:** Prueba de Normalidad de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m

Prueba de Normalidad			
	Estadístico	Shapiro-Wilk	
		gl	Sig.
SUELO NATURAL	0.923	3	0.463
CEMENTO PORTLAND TIPO I	1.000	3	1.000
CAL	0.987	3	0.780

**Fuente:** Software Estadístico SPSS

### 4.1.9.2 Homogeneidad de Varianza

Se conoce así cuando la varianza que presentan los resultados no varía, es decir es constante en cada uno de los niveles de un factor. Mediante el Test de Leve que compara las muestras del CBR natural, CBR con 2% de cemento Vs CBR con 2% cal ver **Tabla 36**. En la **Tabla 37** compara las muestras del CBR natural, CBR con 4% de cemento Vs CBR con 4% cal. Ambas tablas muestran resultado menor a 0.05 presentando homogeneidad de varianzas.

**Tabla 35:** Análisis de Homogeneidad de Varianzas de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m

Prueba de Homogeneidad				
Resultados de CBR	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	5.236	2	6	0.048

Fuente: Software Estadístico SPSS

**Tabla 36:** Análisis de Homogeneidad de Varianzas de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m

Prueba de Homogeneidad				
Resultados de CBR	Estadístico de Levene	gl1	gl2	Sig.
Se basa en la media	1.523	2	6	0.292

Fuente: Software Estadístico SPSS

#### 4.1.9.3 Análisis de Varianza (ANOVA)

Este análisis se le realiza a las mismas muestras de la prueba de normalidad. En la **Tabla 38** se encontró una significancia de 0.000 que es menor a 0.05, por lo que se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, esto quiere decir que si existe diferencia significativa en los valores de CBR natural, CBR con 2% de cemento portland tipo I y CBR con 2% de cal. Lo mismo sucede en la **Tabla 39** que también presenta diferencia significativa en los resultados del CBR natural, CBR con 4% de cemento portland tipo I y CBR con 4% de cal.

**Tabla 37:** Análisis de Varianza (ANOVA) de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m

ANOVA					
RESULTADOS DE CBR	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	1424.602	2	712.301	849.101	0.000
Error experimental	5.033	6	0.839		
Total	1429.636	8			

Fuente: Software Estadístico SPSS

**Tabla 38:** Análisis de Varianza (ANOVA) de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m

ANOVA					
RESULTADOS DE CBR	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	4391.247	2	2195.623	5326.310	0.000
Dentro de grupos	2.473	6	0.412		
Total	4393.720	8			

Fuente: Software Estadístico SPSS

#### 4.1.9.4 Prueba de Tukey

Esta prueba sirve para experimentar todas las diferencias entre medias de tratamientos de una experiencia, la cual se requiere que el número de repeticiones sea constante en todos los tratamientos, a través del ANOVA **Tabla 38** y **Tabla 39**. El programa congrega a 3 grupos, donde el primer grupo es el suelo natural, el otro es el suelo con 2% de cemento y el tercer grupo es suelo con 2% de cal, lo que demuestra que estos resultados no son iguales, por ende si existe diferencia significativa entre ellos **Tabla 40**. Lo mismo sucede en la **Tabla 41**, donde los resultados de suelo natural, el suelo con 4% de cemento y el tercer grupo es suelo con 4% de cal también muestran diferencia significativa en el nivel 0.05.

En la **Tabla 42** y **Tabla 43** se puede observar las comparaciones múltiples de los ensayos CBR; estos datos el programa los compara de par en par y allí se puede observar que los resultados si son significativos.

**Tabla 39:** Prueba de Turkey de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-Est. 1.50m

HSD Tukey <sub>a</sub>				
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SUELO NATURAL	3	2.7778		
CAL	3		3.3000	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3			29.6667
Sig.		1.000	1.000	1.000

**Fuente:** Software Estadístico SPSS

**Tabla 40:** Prueba de Turkey de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-Est. 1.50m

HSD Tukey <sub>a</sub>				
Grupo	N	Subconjunto para alfa = 0.05		
		1	2	3
SUELO NATURAL	3	2.7778		
CAL	3		3.6333	
CEMENTO PORTLAND TIPO I	3			50.0000
Sig.		1.000	1.000	1.000

**Fuente:** Software Estadístico SPSS

**Tabla 41:** Comparaciones Múltiples de CBR natural, CBR+ 2% Cemento Portland tipo I y CBR+2% Cal en C3-  
Est. 1.50m

Comparaciones Múltiples						
HSD Tukey						
Variable dependiente:		Diferencia de medias (I-J)	Error Estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SUELO NATURAL	CEMENTO PORTLAND TIPO I	-27,00000*	0.74784	0.000	-29.2946	-24.7054
	CAL	-0.63333	0.74784	0.690	-2.9279	1.6612
CEMENTO PORTLAND TIPO I	SUELO NATURAL	27,00000*	0.74784	0.000	24.7054	29.2946
	CAL	26,36667*	0.74784	0.000	24.0721	28.6612
CAL	SUELO NATURAL	0.63333	0.74784	0.690	-1.6612	2.9279
	CEMENTO PORTLAND TIPO I	-26,36667*	0.74784	0.000	-28.6612	-24.0721

Fuente: Software Estadístico SPSS

**Tabla 42:** Comparaciones Múltiples de CBR natural, CBR+ 4% Cemento Portland tipo I y CBR+4% Cal en C3-  
Est. 1.50m

Comparaciones Múltiples						
HSD Tukey						
Variable dependiente:		Diferencia de medias (I-J)	Error Estándar	Sig.	Intervalo de confianza al 95%	
					Límite inferior	Límite superior
SUELO NATURAL	CEMENTO PORTLAND TIPO I	-47,33333*	0.52423	0.000	-48.9418	-45.7249
	CAL	-0.96667	0.52423	0.235	-2.5751	0.6418
CEMENTO PORTLAND TIPO I	SUELO NATURAL	47,33333*	0.52423	0.000	45.7249	48.9418
	CAL	46,36667*	0.52423	0.000	44.7582	47.9751
CAL	SUELO NATURAL	0.96667	0.52423	0.235	-0.6418	2.5751
	CEMENTO PORTLAND TIPO I	-46,36667*	0.52423	0.000	-47.9751	-44.7582

Fuente: Software Estadístico SPSS

## 4.2 CONCLUSIONES

- ✓ Se determinó que la cal y el cemento portland tipo I si mejoran las propiedades físicas del suelo encontrado en la calicata C3 para sus dos estratos; mediante el ensayo California Bearing Ratio (CBR) se estableció que el cemento portland tipo I (4%) aumenta a un 57.33% al CBR natural 2.77% convirtiendo la subrasante de inadecuada a excelente y presentando mejores resultados que la cal (4%) que tiene 3.73% de aumento y modifica la subrasante de inadecuada a pobre. Lo mismo sucede en el estrato 0.80m cuando se le adiciona 4% de cemento portland tipo I se logra aumentar del 1.93% a 45.83% convirtiendo a la subrasante de inadecuada a excelente, lo opuesto con el 4% de cal que solo aumenta a 3.27% creando una subrasante pobre.
- ✓ Se realizó las 4 calicatas a través de toda la trocha para sus respectivos ensayos y se determinó el tipo de suelo existente a través del sistema de clasificación SUCS resultando un suelo arenoso pobremente graduado con limos de baja plasticidad (SP-SM) y según AASHTO está en el grupo A-2-6 (arenas con limos o arcillas). También, se determina que el material de la subrasante presenta una plasticidad de baja a media por ser mayor a 7 y menor a 20.
- ✓ Se ejecutó el ensayo Proctor Modificado a la Calicata 3 en sus dos estratos, en el estrato 1.50m se obtuvo una densidad seca máxima de  $1.75 \text{ gr/cm}^3$  y un óptimo contenido de humedad igual a 6.40%, mientras que en el estrato 0.80m se encontró una densidad seca máxima de  $1.66 \text{ gr/cm}^3$  y el óptimo contenido de humedad igual a 6.60%.
- ✓ Se determinó mediante en ensayo California Bearing Ratio (CBR) realizado a sus dos estratos, que la cal al 2% y 4% no es un buen estabilizador para este tipo de suelo, porque estas muestras no contienen un alto porcentaje de arcillas, por lo que no existe suficiente sílice y alúmina para que pueden reaccionar formando silicatos de calcio y alúmina.

## RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda que para estabilizar la subrasante de esta trocha se utilice cemento portland tipo I, ya que con los porcentajes propuestos aumenta significativamente la capacidad de soporte del suelo a diferencia de la cal, que su aumento es muy leve.
- ✓ Se recomienda analizar este suelo adicionando más porcentajes de cal y cemento portland tipo I, para comprobar con qué porcentaje de cal se logra el máximo CBR y desde que % se mantiene constante o empieza a decaer.
- ✓ Para próximas investigaciones se sugiere estudiar más kilómetros de esta trocha para comprobar si hay presencia de otro tipo de suelo o si se encuentran más estratos, con el fin de corroborar si el suelo predominante es el que se determinó en esta investigación.
- ✓ Se recomienda a las entidades públicas de los sectores alejados que se interesen y se implemente el uso de conglomerantes al realizar una obra de pavimentación, ya que esto ayuda a que el suelo como subrasante obtenga mejores resultados y se llegue a tener una resistente capa de rodadura.

## REFERENCIAS

- Altamirano, G. J., & Díaz, A. E. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas. Nicaragua.*
- Analistas Económicos de Andalucía. (s.f.). España.
- Bañón, L., & Beviá, J. F. (2000). *Manual de carreteras Vol.2.*
- BITUPER S.A.C. (2013). *Proyectos de Estabilización de Suelos.* Obtenido de <http://www.bituper.com/proyectos/estabilizacion-de-suelos>
- Carranza , A. L., & Fernandez, D. D. (2018). *Aplicación de los aditivos proes y conaid para mejorar la capacidad de soporte (cbr) de la subrasante en la via de acceso al C.P Barraza, Laredo, La Libertad-2018.* Trujillo.
- COSAPI. (2016). *Carretera imperial Pampas.* Colombia.
- De la Cruz, L. M., & Salcedo, K. K. (2016). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo - Junin.* Huancayo.
- El Comercio. (18 de junio de 2015). Menos del 10% de las carreteras tienen asfalto. *El Comercio.* Obtenido de <https://elcomercio.pe/peru/10-carreteras-departamentales-asfalto-372765>
- Elizondo , F., & Sibaja, D. (2008). *Guía para la estabilización o mejoramiento de rutas no pavimentadas.* Costa Rica.
- ENVIROSEAL LIMA S.A.C. (2013). *Enviroseal Lima Proyectos.* Obtenido de <http://enviroseallima.com/proyectos.html>
- Fallas. (2012). *Análisis de Varianza - Comparando tres o mas medidas .*

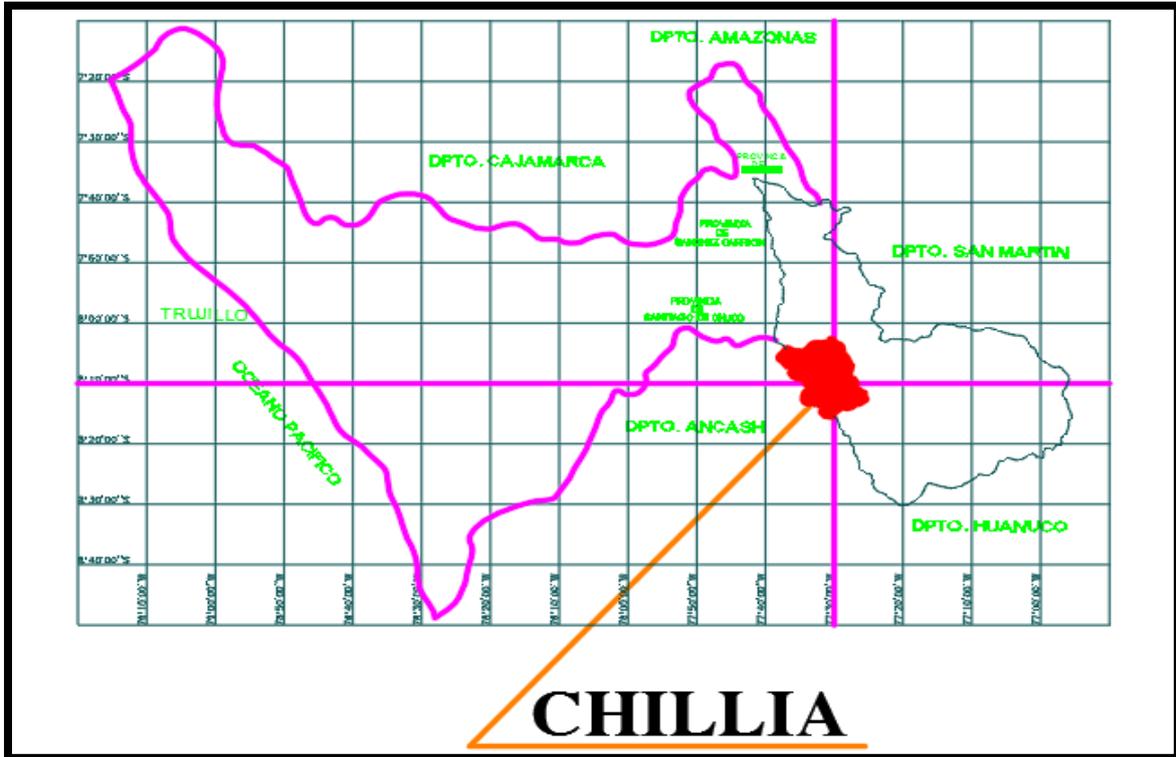
- Gutiérrez , C. A. (2010). *“Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio”*. Lima.
- Hernández, A. (2016). *Análisis comparativo de un material estabilizado con cal y cemento*. México.
- Herrera, R. S. (2014). *Efecto del cemento portland tipo I, como estabilizante del material granular de la cantera el guitarrero para bases de pavimentos rígidos*. Cajamarca.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2013). *Estabilización de suelos con cemento*. Madrid.
- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. (2016). *Componentes y Propiedades del Cemento*. España.
- La Asociación de Productores de Cemento (ASOCEM) (2016). *Pavimentos de concreto: Estado de arte de los pavimentos en el Perú*. Obtenido de <http://www.asocem.org.pe/productos-b/pavimentos-de-concreto-estado-de-arte-de-los-pavimentos-en-el-peru>
- LIPLATA PERÚ S.A. (s.f.). LIPLATA. Obtenido de <https://www.liplata.pe/web/carretera>
- LLique, R. H. (2003). *Manual de Laboratorio de Mécanica de Suelos*. Cajamarca.
- Martínez, C. A. (2015). *Análisis del ciclo de vida de los pavimentos asfálticos*. Colombia.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones . (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2013). *Manual de Carreteras: suelos, geología, geotécnica y pavimentos. Sección suelos y pavimentos*. Lima-Perú.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones . (2014). *Manual de Carreteras*. Lima: Macro.
- Montalvo , M. (2017). *Diseño estructural de pavimentos hidráulicos y asfálticos*. Lima.
- Mota-Engil Perú , JJC Contratistas Generales , Constructora Upaca. (2014). *Rehabilitación y mejoramiento de la carretera Huancavelica - Lircay*. Huancavelica.

- Murillo, E. X. (2010). *Estudio del comportamiento de las bases de pavimentos rígidos en la ciudad de Cuenca y su influencia en el diseño*. Ecuador.
- OBRAINSA. (2016). *Construcción y mejoramiento de la carretera el Reposo - Saramiriza (Ruta nacional N° 4C)*. Lima.
- Perez, C. A. (2014). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada*. Lima.
- Ramos, G. P. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará - Huancavelica 2014*. Huancayo.
- Real Academia Española. (2014). Madrid.
- Rico, A., & Del Castillo, H. (2005). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas (Vol.1)*. México: Limusa S.A.
- Rojas, H. I., Barrera, J. H., & Piracon, C. M. (2007). *Análisis comparativo de la estabilización de una base*. Bogotá.
- Roncal, A. (2018). *Diseño de la trocha carrozable San Juan – San Francisco - Tunal, Distrito y Provincia de San Ignacio, Departamento de Cajamarca, 2016*. Chiclayo.
- Ruano, D. R. (2012). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas colcánicas y cal viva*. Guatemala.
- Salgado. (s.f). *Prueba de Levene Homogeneidad de la Varianza*.
- Sánchez, M. A. (2014). *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí*. Ecuador.
- Terrones, A. T. (2018). *Estabilización de Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Bagazo de Caña para el Mejoramiento de Subrasante en el Sector Barraza, Trujillo-2018*. Trujillo.
- UMACOM. (28 de Marzo de 2017). España.
- Vicéns, Herrarte, & Medina. (2005). *Análisis de la Varianza (ANOVA)*.

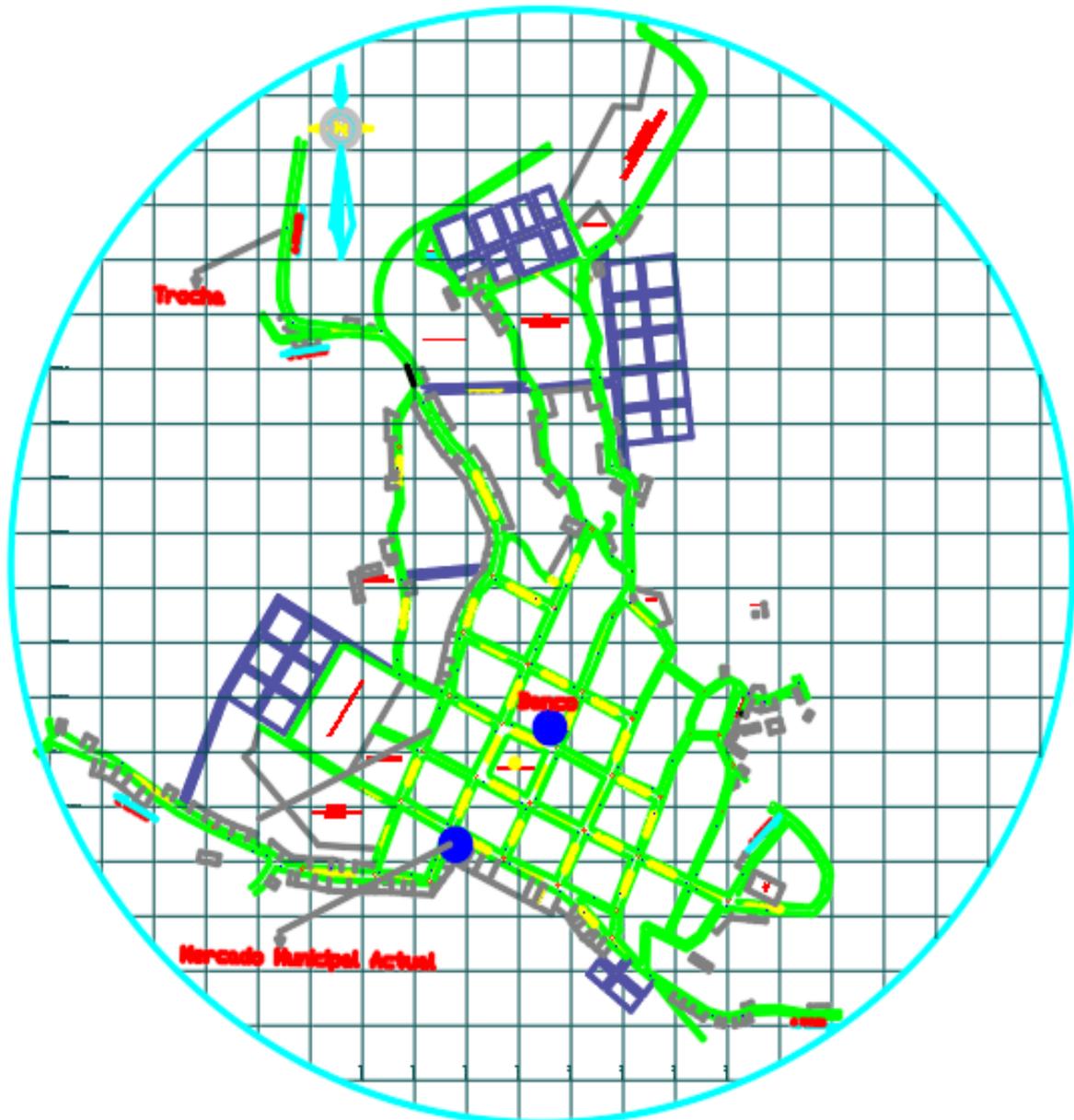
**ANEXOS**

**ANEXOS DE LA UBICACIÓN DE LA TROCHA**

**ANEXO 1: Plano de Ubicación del Distrito de Chillia – Pataz – La Libertad**

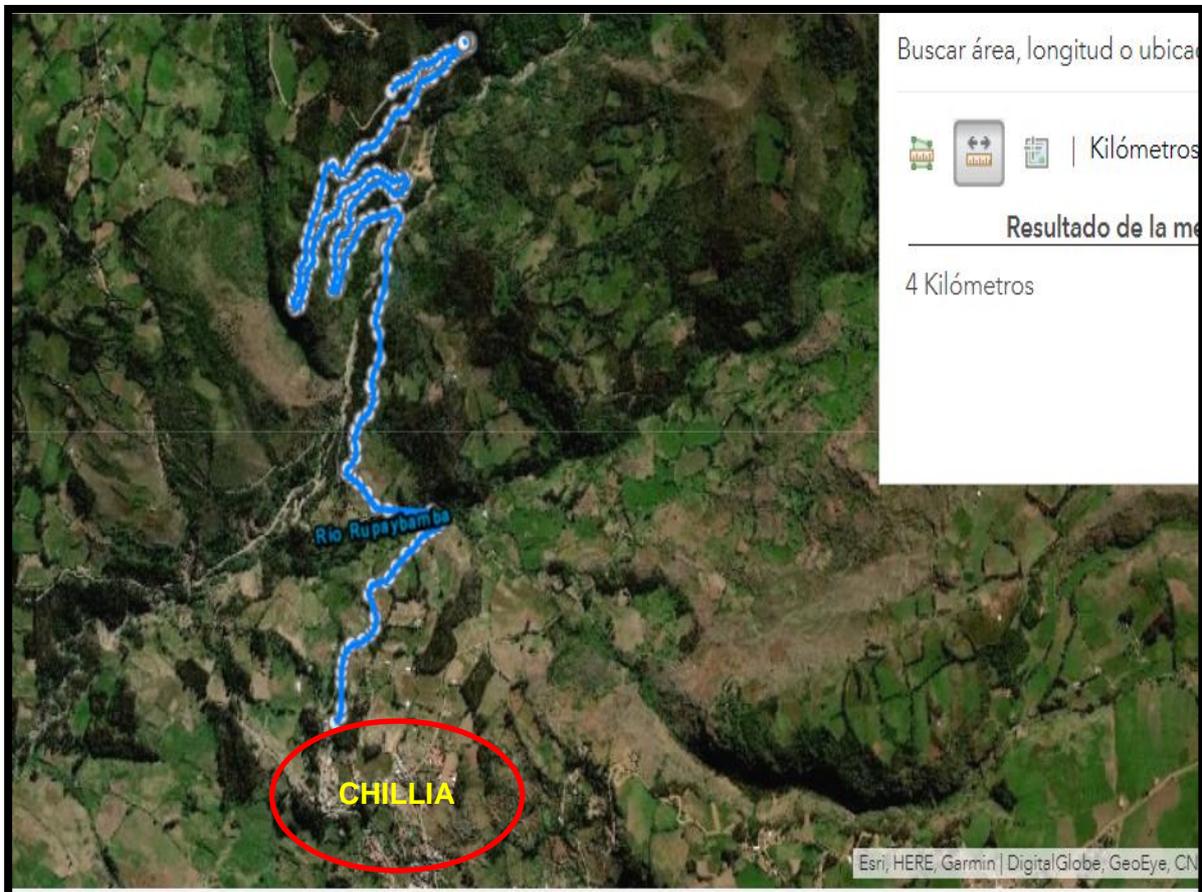


**ANEXO 2: Plano de Localización de la Trocha del Distrito de Chillia – Pataz – La Libertad**

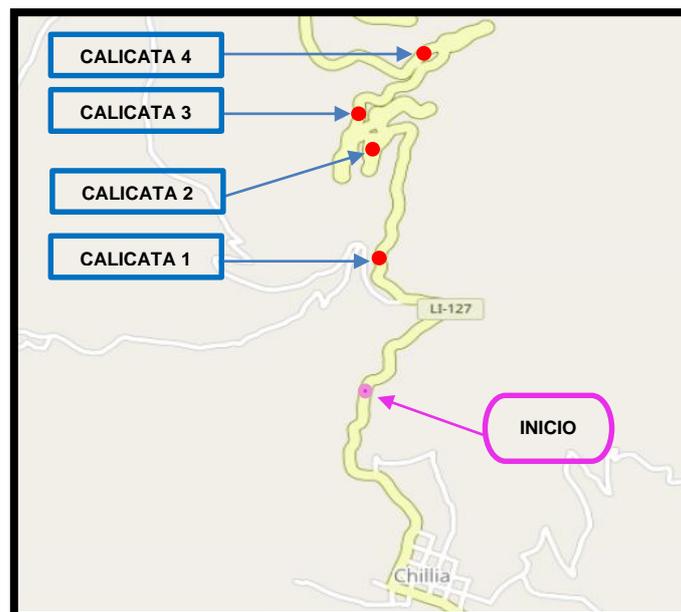
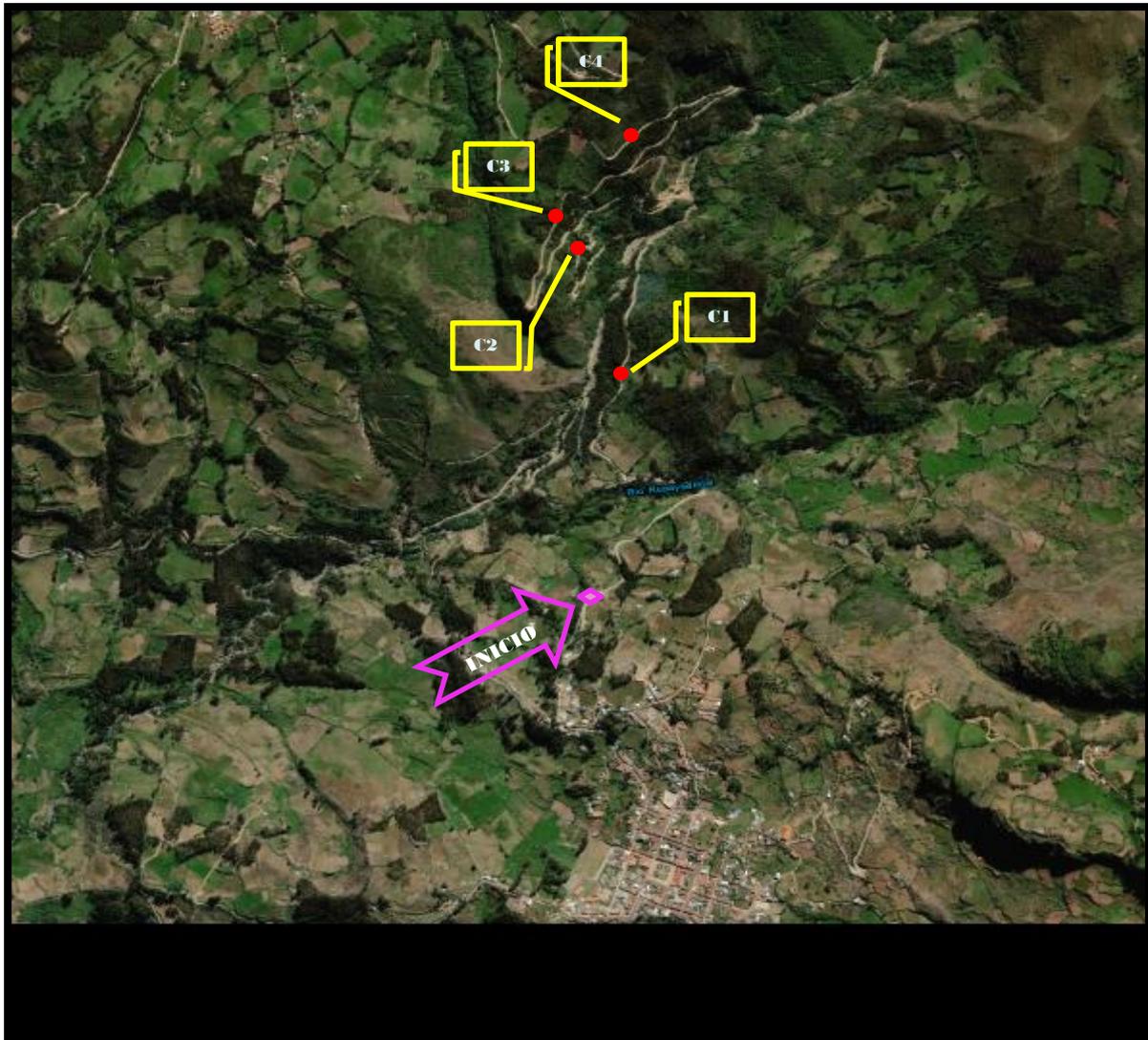


**PLANO DE LOCALIZACIÓN**  
**ESCALA 1/10,000**

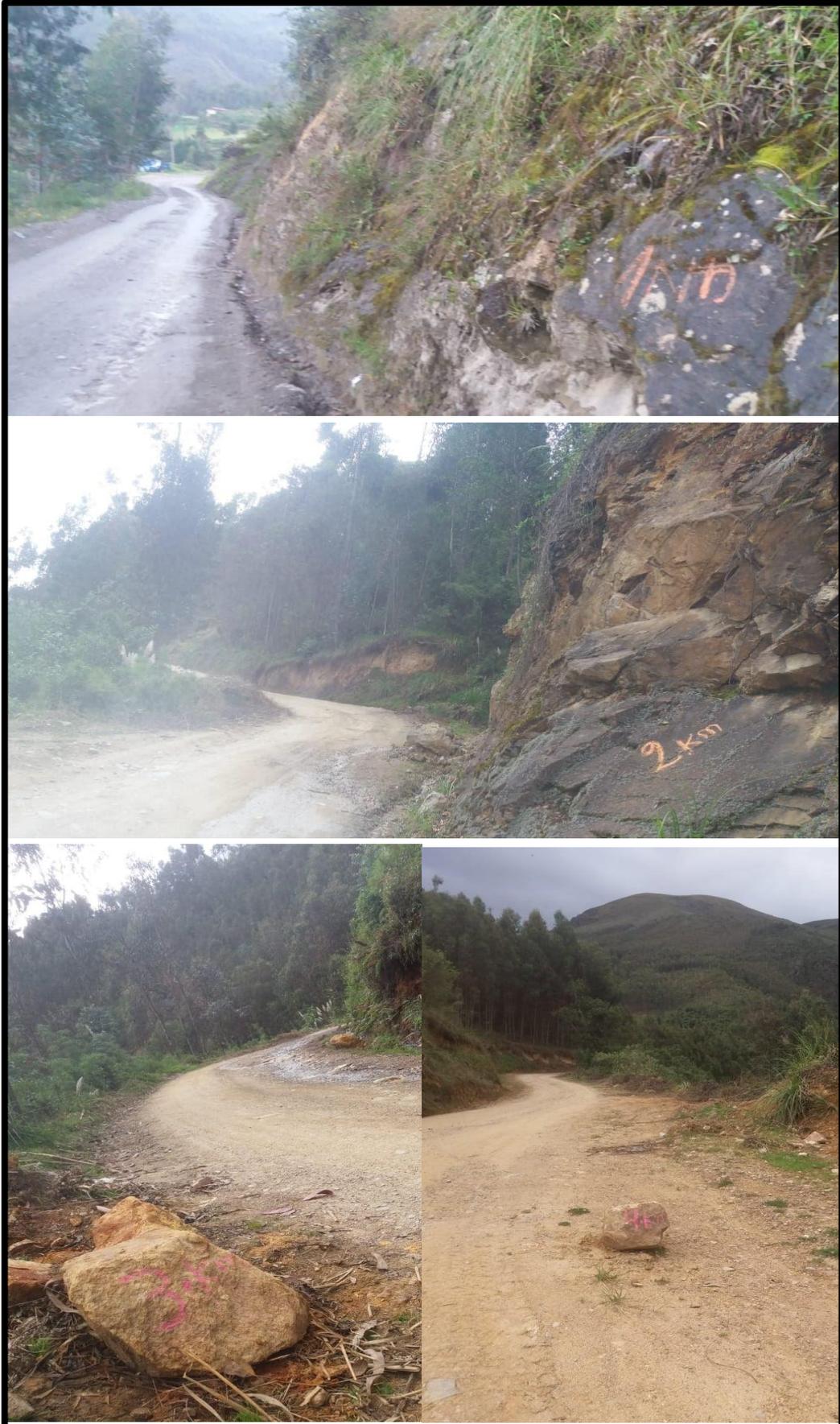
**ANEXO 3: Ubicación de la Trocha del Distrito de Chillia-Pataz-La Libertad**



**ANEXO 4: Croquis de la Trocha del Distrito de Chillia-Pataz-La Libertad**



**ANEXO 5: Kilómetros Estudiados de la Trocha del Distrito de Chillia-Pataz-La Libertad**



**ANEXOS SOBRE EL DESARROLLO NÚMÉRICO DE LA INVESTIGACIÓN**

**ANEXO 6: Ficha de Recolección de Datos en Campo- Firma del Ingeniero Experto**

GUÍA DE OBSERVACIÓN			
<b>Lugar de Excavación</b>		Trocha del distrito de Chillia - Pataz	
<b>Tesista</b>		Cinthia Karel Góngora Velásquez	
<b>Fecha</b>		03 - Enero-2019	
<b>Calicatas N°</b>		4 calicatas	
<b>Dimensiones de Calicatas</b>		1m x 1m x 1.50m	
<b>Calicatas N°</b>	<b>Estratos</b>	<b>Material</b>	<b>Referencia del lugar</b>
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50m	<b>Suelo color amarillo oscuro.</b>	Saliendo del pueblo
Calicata 1 (C1)	EST. 0.95m	<b>Suelo color marrón claro.</b>	Saliendo del pueblo
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50m	<b>Suelo color amarillo oscuro.</b>	Cerca de la casa de la señora Venilda
Calicata 2 (C2)	EST. 1.00m	<b>Suelo color marrón claro.</b>	Cerca de la casa de la señora Venilda
Calicata 2 (C2)	EST. 0.45m	<b>Suelo color amarillo oscuro.</b>	Cerca de la casa de la señora Venilda
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50m	<b>Suelo color marrón claro.</b>	En el anexo de Canta
Calicata 3 (C3)	EST. 0.80m	<b>Suelo arenoso color marrón oscuro.</b>	En el anexo de Canta
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50m	<b>Suelo arenoso color amarillo claro.</b>	Cerca al cementerio
Calicata 4 (C4)	EST. 0.85m	<b>Suelo color amarillo oscuro.</b>	Cerca al cementerio
<b>Calicatas N°</b>	<b>Estratos</b>	<b>Tipo de Tránsito</b>	<b>Kilómetros</b>
Calicata 1 (C1)	EST. 1.50m	Muy liviano , poca transitabilidad	1 Kilometro
Calicata 1 (C1)	EST. 0.95m	Muy liviano , poca transitabilidad	
Calicata 2 (C2)	EST. 1.50m	Muy liviano , poca transitabilidad	2 Kilómetros
Calicata 2 (C2)	EST. 1.00m	Muy liviano , poca transitabilidad	
Calicata 2 (C2)	EST. 0.45m	Muy liviano , poca transitabilidad	
Calicata 3 (C3)	EST. 1.50m	Muy liviano , poca transitabilidad	3 Kilómetros
Calicata 3 (C3)	EST. 0.80m	Muy liviano , poca transitabilidad	
Calicata 4 (C4)	EST. 1.50m	Muy liviano , poca transitabilidad	4 Kilómetros
Calicata 4 (C4)	EST. 0.85m	Muy liviano , poca transitabilidad	

**ANEXO 7: Formato de Granulometría para laboratorio aprobada por el Ingeniero Experto**

GUÍA DE OBSERVACIÓN			
<b>Lugar de Excavación</b>		Trocha del distrito de Chillia - Pataz	
<b>Tesista</b>		Cinthia Karel Góngora Velásquez	
<b>Fecha</b>		03 - Enero-2019	
<b>Calicatas N°</b>		4 calicatas	
<b>Dimensiones de Calicatas</b>		1m x 1m x 1.50m	
<b>Calicatas N°</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Cantidad de Tierra</b>	<b>Calicatas en Campo</b>
Calicata 1 (C1)	Contenido de Humedad	3 kg	
	Gravedad Específica	5 kg	
	Granulometría	5kg	
	Límites de Consistencia	2kg	
	Proctor Modificado	70kg	
	Ensayo CBR	150 kg	
<b>Calicatas N°</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Cantidad de Tierra</b>	<b>Calicatas en Campo</b>
Calicata 2 (C2)	Contenido de Humedad	3 kg	
	Gravedad Específica	5 kg	
	Granulometría	5kg	
	Límites de Consistencia	2kg	
	Proctor Modificado	70kg	
	Ensayo CBR	150 kg	
<b>Calicatas N°</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Cantidad de Tierra</b>	<b>Calicatas en Campo</b>
Calicata 3 (C3)	Contenido de Humedad	3 kg	
	Gravedad Específica	5 kg	
	Granulometría	5kg	
	Límites de Consistencia	2kg	
	Proctor Modificado	70kg	
	Ensayo CBR	150 kg	
<b>Calicatas N°</b>	<b>Ensayos</b>	<b>Cantidad de Tierra</b>	<b>Calicatas en Campo</b>
Calicata 4 (C4)	Contenido de Humedad	3 kg	
	Gravedad Específica	5 kg	
	Granulometría	5kg	
	Límites de Consistencia	2kg	
	Proctor Modificado	70kg	
	Ensayo CBR	150 kg	

### ANEXO 8: Resultados de Contenido de Humedad de la Calicatas 1 y 2

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estratos variantes	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
ASTM D 2216		Contenido de Humedad de un Suelo		
NTP 339.127		Contenido de Humedad de un Suelo		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C1- EST. 1.50m</b>				
CALICATA C1	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	148.16	99.30	120.30	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	648.16	599.30	620.30	
Ws + t (gr.)	593.25	543.48	566.31	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	445.09	444.18	446.01	
Ww (gr.)	54.91	55.82	53.99	
W (%)	12.34	12.57	12.11	
Wprom. (%)	12.34			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C1- EST. 0.95m</b>				
CALICATA C1	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	80.32	96.21	75.42	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	580.32	596.21	575.42	
Ws + t (gr.)	536.44	553.69	532.22	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	456.12	457.48	456.80	
Ww (gr.)	43.88	42.52	43.20	
W (%)	9.62	9.29	9.46	
Wprom. (%)	9.46			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C2- EST. 1.50m</b>				
CALICATA C2	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	167.69	96.21	120.35	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	667.69	596.21	620.35	
Ws + t (gr.)	633.00	563.69	587.67	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	465.31	467.48	467.32	
Ww (gr.)	34.69	32.52	32.68	
W (%)	7.46	6.96	6.99	
Wprom. (%)	7.13			

### ANEXO 9: Resultados de Contenido de Humedad de la Calicatas 2 y 3

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo		<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		<b>DE LA MUESTRA</b>	Estratos variantes
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 2216	Contenido de Humedad de un Suelo		
NTP 339.127		Contenido de Humedad de un Suelo			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C2- EST. 1.00m</b>				
CALICATA C2	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	126.36	110.25	180.35	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	626.36	610.25	680.35	
Ws + t (gr.)	595.67	576.16	648.35	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	469.31	465.91	468.00	
Ww (gr.)	30.69	34.09	32.00	
W (%)	6.54	7.32	6.84	
Wprom. (%)	6.90			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C2- EST. 0.45m</b>				
CALICATA C2	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	135.80	78.45	85.92	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	635.80	578.45	585.92	
Ws + t (gr.)	607.82	556.29	565.92	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	472.02	477.84	480.00	
Ww (gr.)	27.98	22.16	20.00	
W (%)	5.93	4.64	4.17	
Wprom. (%)	4.91			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C3- EST. 1.50m</b>				
CALICATA C3	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	89.30	102.80	97.45	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	589.30	602.80	597.45	
Ws + t (gr.)	553.48	575.79	567.45	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	464.18	472.99	470.00	
Ww (gr.)	35.82	27.01	30.00	
W (%)	7.72	5.71	6.38	
Wprom. (%)	6.60			

**ANEXO 10: Resultados de Contenido de Humedad de la Calicatas 3 y 4**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo		<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		<b>DE LA MUESTRA</b>	Estratos variantes
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 2216	Contenido de Humedad de un Suelo		
NTP 339.127		Contenido de Humedad de un Suelo			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C3- EST. 0.80m</b>				
CALICATA C3	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	123.30	126.43	106.12	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	623.30	626.43	606.12	
Ws + t (gr.)	593.48	599.11	581.45	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	470.18	472.68	475.33	
Ww (gr.)	29.82	27.32	24.67	
W (%)	6.34	5.78	5.19	
Wprom. (%)	5.77			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C4- EST. 1.50m</b>				
CALICATA C4	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	159.05	78.45	87.59	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	659.05	578.45	587.59	
Ws + t (gr.)	621.66	539.29	549.45	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	462.61	460.84	461.86	
Ww (gr.)	37.39	39.16	38.14	
W (%)	8.08	8.50	8.26	
Wprom. (%)	8.28			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C4- EST. 0.85m</b>				
CALICATA C4	M1	M2	M3	Características del suelo
Wt (gr.)	126.43	85.92	132.76	El grado de humedad de este suelo es bajo, ya que su W% es menor a 25%
Wh+ t (gr.)	626.43	585.92	632.76	
Ws + t (gr.)	592.18	557.17	601.76	
Wh (gr.)	500.00	500.00	500.00	
Ws (gr.)	465.75	471.25	469.00	
Ww (gr.)	34.25	28.75	31.00	
W (%)	7.35	6.10	6.61	
Wprom. (%)	6.69			

### ANEXO 11: Resultados de Gravedad Específica de suelos de la Calicata 1

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1-C2-C3-C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		Material en la malla N°8
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
	ASTM D 854	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		
	NTP 339.131	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C1</b>		
CALICATA C1	EST. 1.50m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	121.00	121.00
Fiola + Agua (Wfw)	674.62	674.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	739.62	739.52
Peso Especifico (Ys)	2.16	2.16
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.16	
Piedra al aire (Waire)	146.32	146.32
Piedra sumergida (Wsumer)	84.59	84.71
Peso Especifico prom. (Ys)	2.37	2.37
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.37	
% Retenido en malla N°8 (R)	22.84	
% Pasa en malla N°8 (P)	64.82	
<b>Gravedad Específica</b>	2.65	

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C1</b>		
CALICATA C1	EST. 0.95m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	122.00	122.00
Fiola + Agua (Wfw)	674.62	674.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	738.04	738.23
Peso Especifico (Ys)	2.08	2.09
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.09	
Piedra al aire (Waire)	147.34	147.34
Piedra sumergida (Wsumer)	88.62	88.65
Peso Especifico prom. (Ys)	2.51	2.51
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.51	
% Retenido en malla N°8 (R)	22.22	
% Pasa en malla N°8 (P)	67.76	
<b>Gravedad Específica</b>	2.66	

## ANEXO 12: Resultados de Gravedad Específica de suelos de la Calicata 2

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1-C2-C3-C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
	ASTM D 854	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		
	NTP 339.131	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C2</b>		
CALICATA C2	EST. 1.00m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	120.00	120.00
Fiola + Agua (Wfw)	673.62	673.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	737.04	737.92
Peso Específico (Ys)	2.12	2.15
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.14	
Piedra al aire (Waire)	145.00	145.00
Piedra sumergida (Wsumer)	87.64	87.67
Peso Específico prom. (Ys)	2.53	2.53
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.53	
% Retenido en malla N°8 (R)	23.24	
% Pasa en malla N°8 (P)	68.80	
<b>Gravedad Específica</b>	2.64	

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C2</b>		
CALICATA C2	EST. 1.50m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	118.00	118.00
Fiola + Agua (Wfw)	673.62	673.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	739.63	739.35
Peso Específico (Ys)	2.27	2.26
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.26	
Piedra al aire (Waire)	144.65	144.65
Piedra sumergida (Wsumer)	86.45	86.91
Peso Específico prom. (Ys)	2.49	2.51
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.50	
% Retenido en malla N°8 (R)	23.24	
% Pasa en malla N°8 (P)	67.24	
<b>Gravedad Específica</b>	2.67	

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C2</b>		
CALICATA C2	EST. 0.45m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	119.33	119.33
Fiola + Agua (Wfw)	674.62	674.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	736.41	736.83
Peso Específico (Ys)	2.07	2.09
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.08	
Piedra al aire (Waire)	148.44	148.44
Piedra sumergida (Wsumer)	85.99	85.21
Peso Específico prom. (Ys)	2.38	2.35
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.36	
% Retenido en malla N°8 (R)	22.84	
% Pasa en malla N°8 (P)	62.82	
<b>Gravedad Específica</b>	2.66	

### ANEXO 13: Resultados de Gravedad Específica de suelos de la Calicata 3

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1-C2-C3-C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		Material en la malla N°8
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
	ASTM D 854	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		
	NTP 339.131	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C3</b>		
CALICATA C3	EST. 1.50m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	125.54	125.54
Fiola + Agua (Wfw)	674.62	674.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfws)	741.23	741.86
Peso Específico (Ys)	2.13	2.15
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.14	
Piedra al aire (Waire)	150.61	150.61
Piedra sumergida (Wsumer)	89.57	89.83
Peso Específico prom. (Ys)	2.47	2.48
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.47	
% Retenido en malla N°8 (R)	22.22	
% Pasa en malla N°8 (P)	67.76	
<b>Gravedad Específica</b>	2.65	

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C3</b>		
CALICATA C3	EST. 0.80m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	124.00	124.00
Fiola + Agua (Wfw)	673.09	673.09
Fiola + Agua + Suelo (Wfws)	738.41	738.45
Peso Específico (Ys)	2.11	2.11
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.11	
Piedra al aire (Waire)	149.00	149.00
Piedra sumergida (Wsumer)	87.66	87.88
Peso Específico prom. (Ys)	2.43	2.44
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.43	
% Retenido en malla N°8 (R)	26.05	
% Pasa en malla N°8 (P)	59.99	
<b>Gravedad Específica</b>	2.65	

#### ANEXO 14: Resultados de Gravedad Específica de suelos de la Calicata 4

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DA TOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1-C2-C3-C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		Material en la malla N°8
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
	ASTM D 854	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		
	NTP 339.131	Gravedad Específica de sólidos de un suelo		

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C4</b>		
CALICATA C4	EST. 1.50m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	125.43	125.43
Fiola + Agua (Wfw)	668.27	668.27
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	742.83	742.50
Peso Específico (Ys)	2.47	2.45
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.46	
Piedra al aire (Waire)	148.41	148.41
Piedra sumergida (Wsumer)	84.79	84.06
Peso Específico prom. (Ys)	2.33	2.31
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.32	
% Retenido en malla N°8 (R)	46.31	
% Pasa en malla N°8 (P)	42.84	
<b>Gravedad Específica</b>	2.66	

<b>GRAVEDAD ESPECÍFICA CALICATA C4</b>		
CALICATA C4	EST. 0.85m	
Muestra	M1	M2
Muestra Seca (Ws)	128.00	128.00
Fiola + Agua (Wfw)	674.62	674.62
Fiola + Agua + Suelo (Wfw s)	740.04	740.95
Peso Específico (Ys)	2.05	2.08
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.06	
Piedra al aire (Waire)	151.09	151.09
Piedra sumergida (Wsumer)	90.17	90.78
Peso Específico prom. (Ys)	2.48	2.51
<b>Ys prom. (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.49	
% Retenido en malla N°8 (R)	39.10	
% Pasa en malla N°8 (P)	47.13	
<b>Gravedad Específica</b>	2.67	

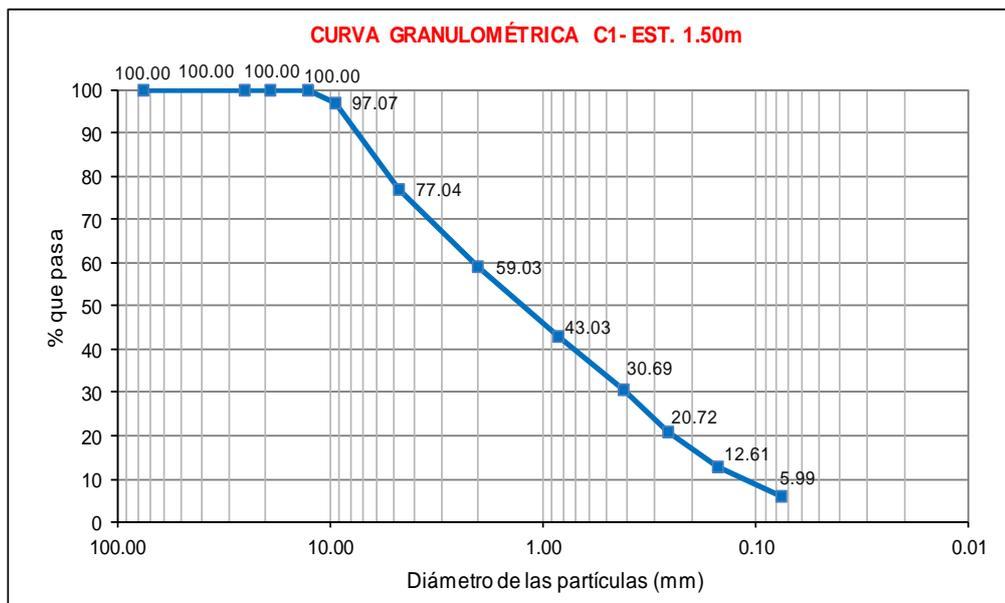
**ANEXO 15: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 1- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C1- EST. 1.50m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	14.64	2.93	2.93	97.07
N° 4	4.760	500	100.18	20.04	22.96	77.04
N° 10	2.000	500	90.02	18.00	40.97	59.03
N° 20	0.840	500	80.01	16.00	56.97	43.03
N° 40	0.420	500	61.71	12.34	69.31	30.69
N° 60	0.259	500	49.83	9.97	79.28	20.72
N° 100	0.150	500	40.56	8.11	87.39	12.61
N° 200	0.075	500	33.12	6.62	94.01	5.99
<N°200			29.93	5.99	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.001
--	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
22.96	71.05	5.99



D10	0.12
D30	0.41
D60	2.15

SW: $C_u > 6 ; 1 \leq C_c \leq 3$		
Cu	17.84	Arena pobrmente graduada
Cc	0.65	

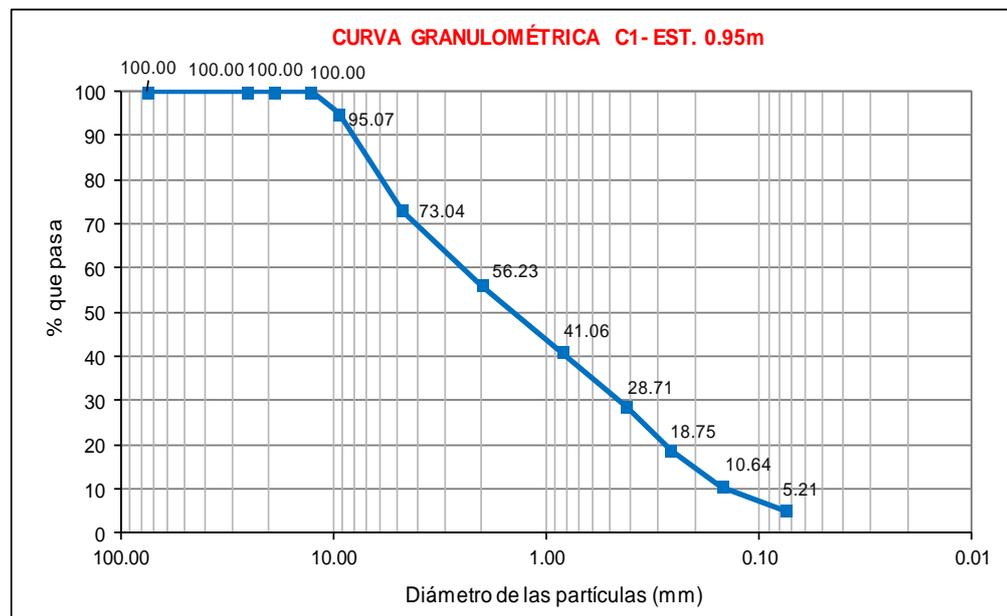
**ANEXO 16: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 1- Est. 0.95m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C1- EST. 0.95m						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	%R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	24.64	4.93	4.93	95.07
N° 4	4.760	500	110.18	22.04	26.96	73.04
N° 10	2.000	500	84.02	16.80	43.77	56.23
N° 20	0.840	500	75.88	15.18	58.94	41.06
N° 40	0.420	500	61.71	12.34	71.29	28.71
N° 60	0.259	500	49.83	9.97	81.25	18.75
N° 100	0.150	500	40.56	8.11	89.36	10.64
N° 200	0.075	500	27.12	5.42	94.79	5.21
<N°200			26.06	5.21	100.00	0.00
			500.00		100	

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.001
--	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
26.96	67.82	5.21



<b>D10</b>	0.14
<b>D30</b>	0.46
<b>D60</b>	2.62

SW: $C_u > 6$ ; $1 \leq C_c \leq 3$		
<b>Cu</b>	18.55	Arena pobrememente graduada
<b>Cc</b>	0.58	

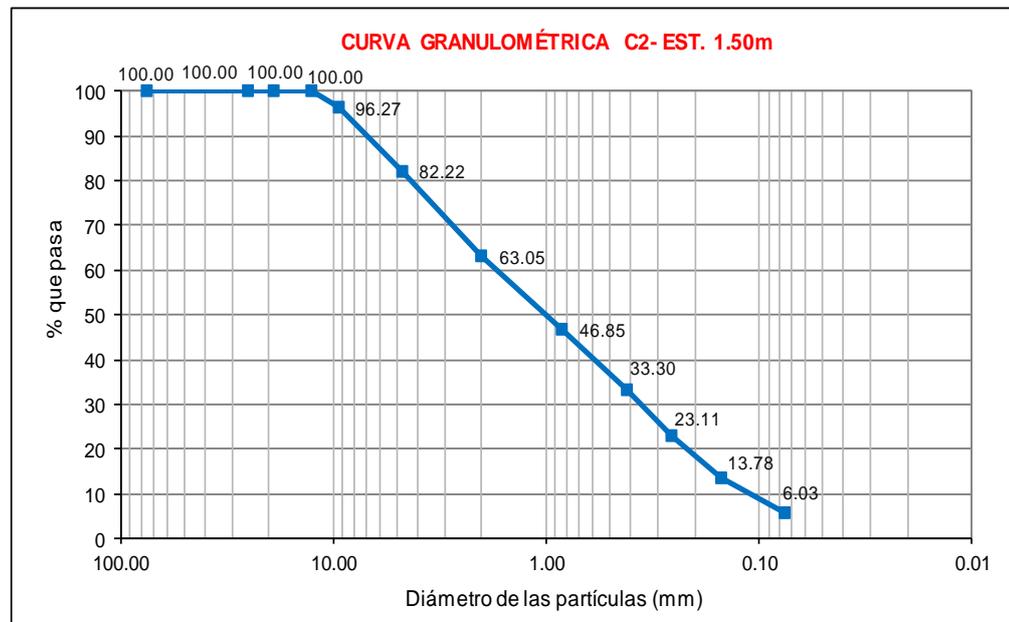
**ANEXO 17: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 2- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C2
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C2- EST. 1.50m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	%R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	18.67	3.73	3.73	96.27
N° 4	4.760	500	70.24	14.05	17.78	82.22
N° 10	2.000	500	95.86	19.17	36.95	63.05
N° 20	0.840	500	80.98	16.20	53.15	46.85
N° 40	0.420	500	67.75	13.55	66.70	33.30
N° 60	0.259	500	50.97	10.19	76.89	23.11
N° 100	0.150	500	46.61	9.32	86.22	13.78
N° 200	0.075	500	38.78	7.76	93.97	6.03
<N°200			30.14	6.03	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
17.78	76.19	6.03



D10	0.11
D30	0.32
D60	1.78

SW: $C_u > 6 ; 1 \leq C_c \leq 3$		
Cu	15.71	Arena pobrementemente graduada
Cc	0.50	

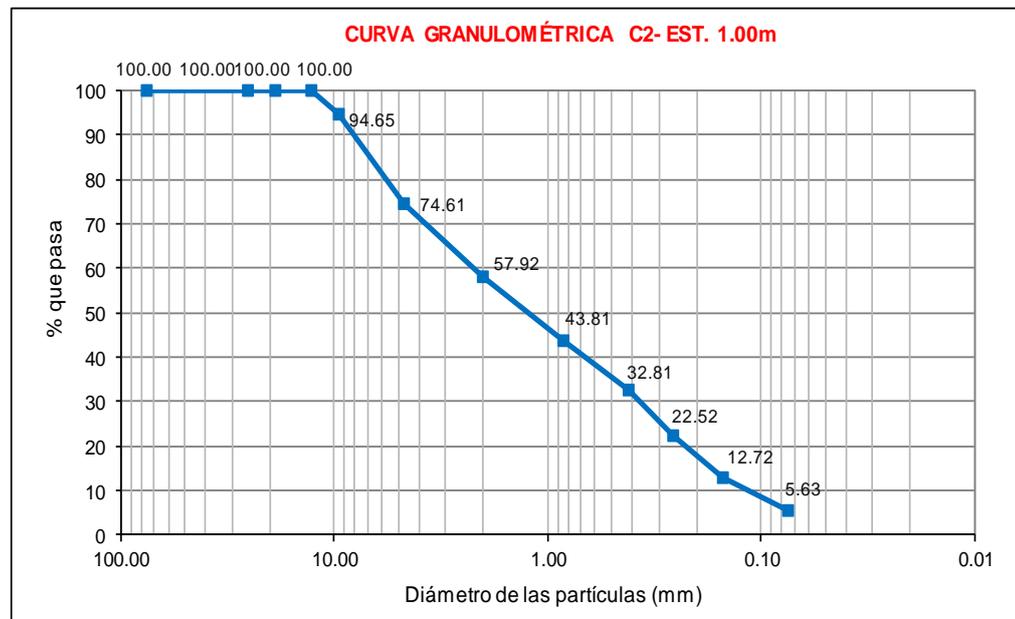
**ANEXO 18: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 2- Est. 1.00m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C2	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.00m - prof.		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado			

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C2- EST. 1.00m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	%R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	26.75	5.35	5.35	94.65
N° 4	4.760	500	100.22	20.04	25.39	74.61
N° 10	2.000	500	83.42	16.68	42.08	57.92
N° 20	0.840	500	70.57	14.11	56.19	43.81
N° 40	0.420	500	54.97	10.99	67.19	32.81
N° 60	0.259	500	51.49	10.30	77.48	22.52
N° 100	0.150	500	48.98	9.80	87.28	12.72
N° 200	0.075	500	35.45	7.09	94.37	5.63
<N°200			28.15	5.63	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.001
--	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
25.39	68.98	5.63



<b>D10</b>	0.12
<b>D30</b>	0.38
<b>D60</b>	2.34

SW: $C_u > 6$ ; $1 \leq C_c \leq 3$		
<b>Cu</b>	19.33	Arena pobremente graduada
<b>Cc</b>	0.50	

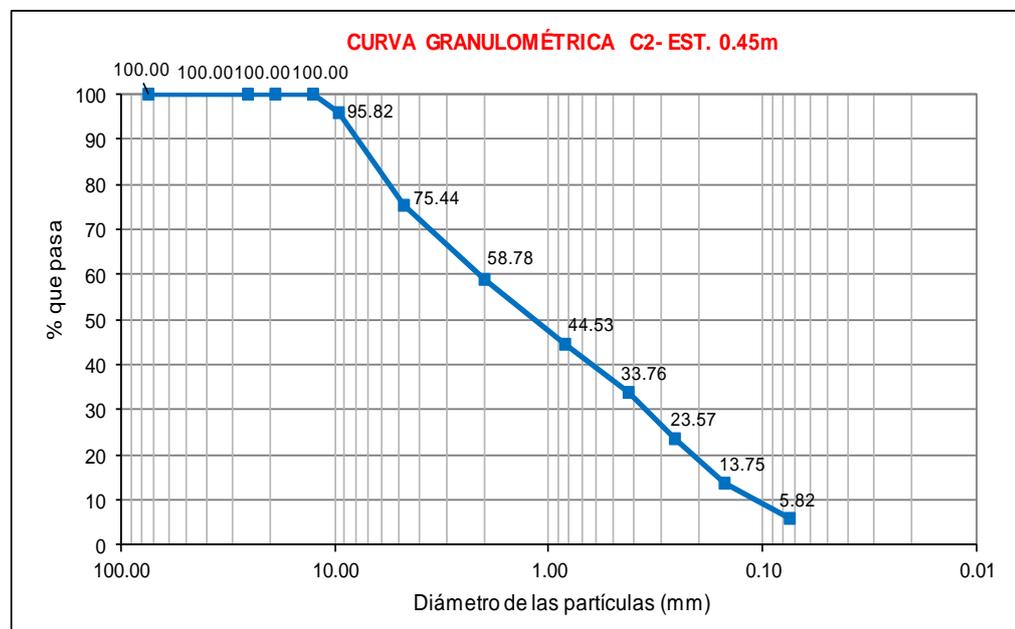
**ANEXO 19: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 2- Est. 0.45m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C2
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 0.45m - prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C2- EST. 0.45m						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	20.88	4.18	4.18	95.82
N° 4	4.760	500	101.90	20.38	24.56	75.44
N° 10	2.000	500	83.32	16.66	41.22	58.78
N° 20	0.840	500	71.27	14.25	55.47	44.53
N° 40	0.420	500	53.82	10.76	66.24	33.76
N° 60	0.259	500	50.96	10.19	76.43	23.57
N° 100	0.150	500	49.12	9.82	86.25	13.75
N° 200	0.075	500	39.65	7.93	94.18	5.82
<N°200			29.08	5.82	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
24.56	69.63	5.82



<b>D10</b>	0.11
<b>D30</b>	0.36
<b>D60</b>	2.20

SW: $C_u > 6 ; 1 \leq C_c \leq 3$		
<b>Cu</b>	19.22	Arena pobrementemente graduada
<b>Cc</b>	0.52	

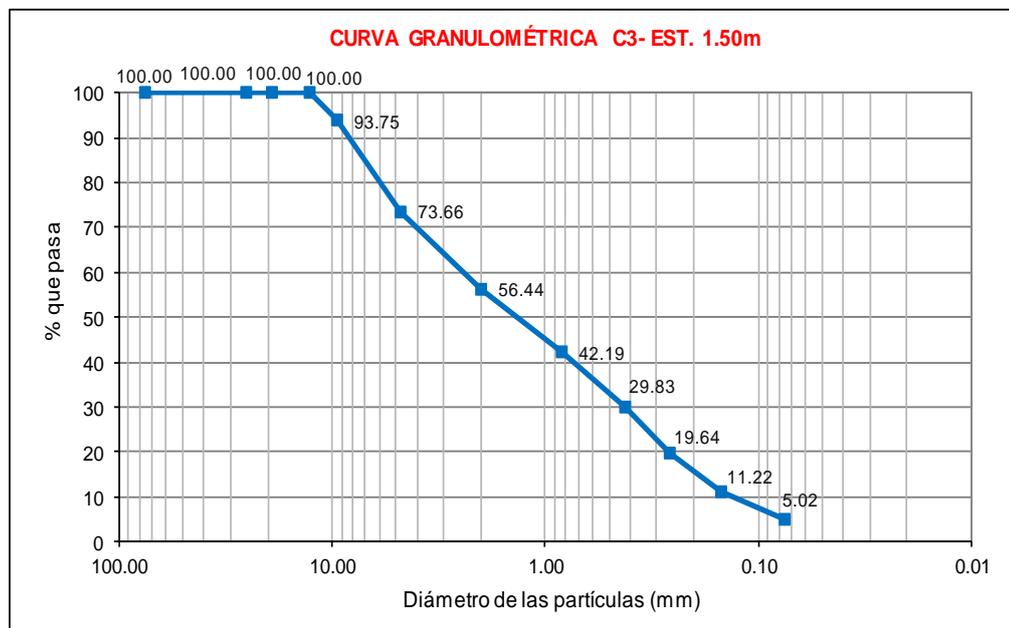
**ANEXO 20: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 3- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
	ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
	NTP 339.128	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C3- EST. 1.50m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	31.24	6.25	6.25	93.75
N° 4	4.760	500	100.45	20.09	26.34	73.66
N° 10	2.000	500	86.09	17.22	43.56	56.44
N° 20	0.840	500	71.27	14.25	57.81	42.19
N° 40	0.420	500	61.82	12.36	70.17	29.83
N° 60	0.259	500	50.92	10.18	80.36	19.64
N° 100	0.150	500	42.12	8.42	88.78	11.22
N° 200	0.075	500	31.01	6.20	94.98	5.02
<N°200			25.08	5.02	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------

<b>%GRAVA</b>	<b>%ARENA</b>	<b>%FINOS</b>
26.34	68.65	5.02



<b>D10</b>	0.14
<b>D30</b>	0.43
<b>D60</b>	2.57

SW: $C_u > 6 ; 1 \leq C_c \leq 3$		
<b>Cu</b>	19.00	Arena pobremente graduada
<b>Cc</b>	0.52	

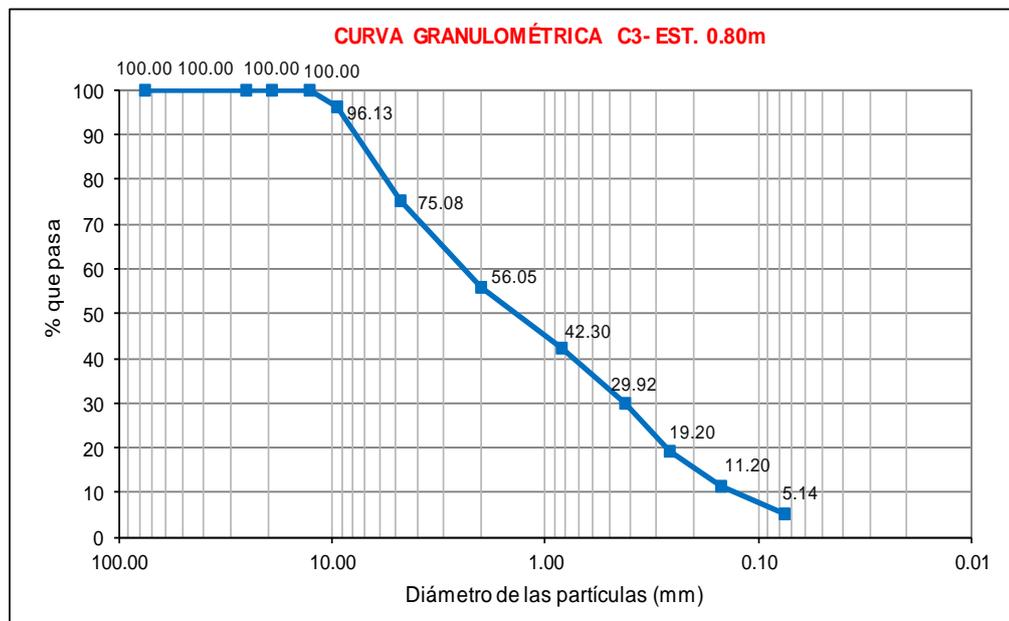
**ANEXO 21: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 3- Est. 0.80m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C3- EST. 0.80m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	%R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	19.34	3.87	3.87	96.13
N° 4	4.760	500	105.25	21.05	24.92	75.08
N° 10	2.000	500	95.14	19.03	43.95	56.05
N° 20	0.840	500	68.75	13.75	57.70	42.30
N° 40	0.420	500	61.94	12.39	70.08	29.92
N° 60	0.259	500	53.60	10.72	80.80	19.20
N° 100	0.150	500	39.98	8.00	88.80	11.20
N° 200	0.075	500	30.28	6.06	94.86	5.14
<N°200			25.72	5.14	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
24.92	69.94	5.14



D10	0.14
D30	0.42
D60	2.57

SW: $C_u > 6$ ; $1 \leq C_c \leq 3$		
Cu	19.03	Arena pobremente graduada
Cc	0.51	

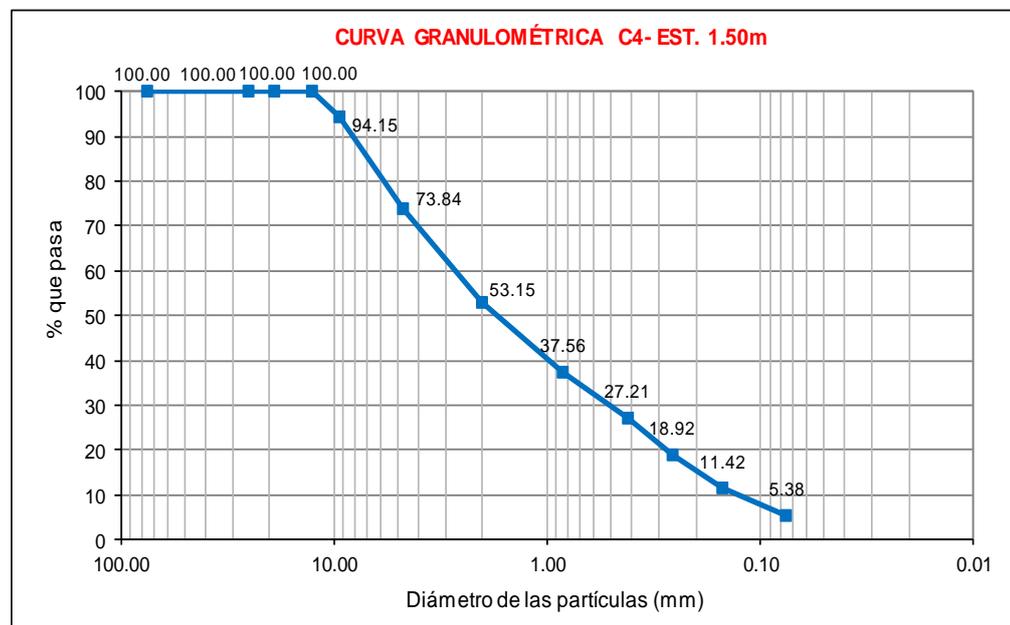
**ANEXO 22: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 4- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C4	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.50m - Prof.		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado			

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C4- EST. 1.50m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	29.23	5.85	5.85	94.15
N° 4	4.760	500	101.57	20.31	26.16	73.84
N° 10	2.000	500	103.47	20.69	46.85	53.15
N° 20	0.840	500	77.94	15.59	62.44	37.56
N° 40	0.420	500	51.74	10.35	72.79	27.21
N° 60	0.259	500	41.43	8.29	81.08	18.92
N° 100	0.150	500	37.51	7.50	88.58	11.42
N° 200	0.075	500	30.22	6.04	94.62	5.38
<N°200			26.89	5.38	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD422	0.000
---------------------------------------	-------

<b>%GRAVA</b>	<b>%ARENA</b>	<b>%FINOS</b>
26.16	68.46	5.38



<b>D10</b>	0.13
<b>D30</b>	0.53
<b>D60</b>	2.91

SW: $C_u > 6 ; 1 \leq C_c \leq 3$		
<b>Cu</b>	22.02	Arena pobrementemente graduada
<b>Cc</b>	0.74	

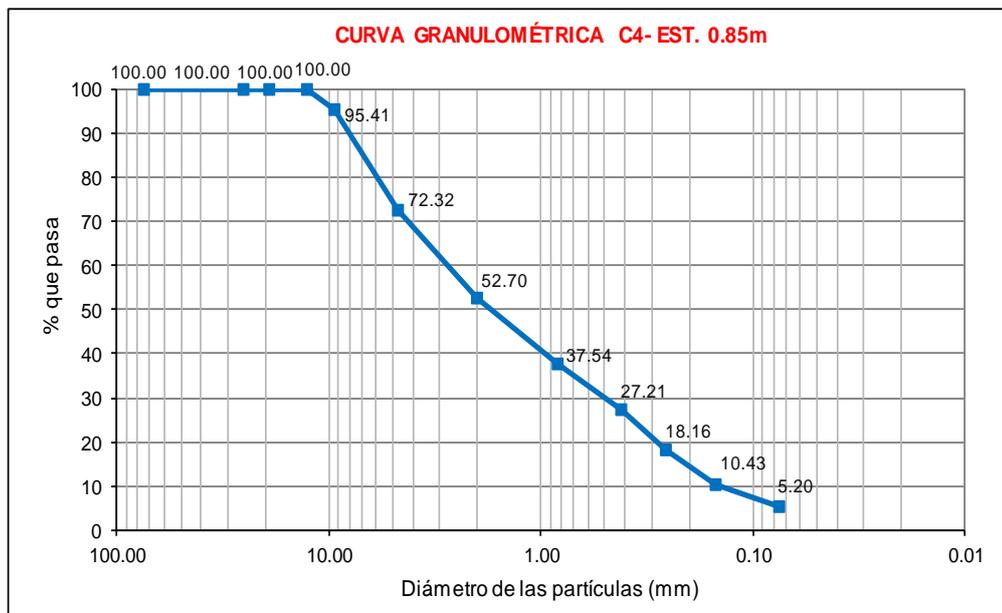
**ANEXO 23: Resultados de Análisis Granulométrico por Tamizado de la Calicata 4- Est. 0.85m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C4	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 0.85m - prof.		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
NTP 339.128		Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado			

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C4- EST. 0.85m						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	22.93	4.59	4.59	95.41
N° 4	4.760	500	115.48	23.10	27.68	72.32
N° 10	2.000	500	98.10	19.62	47.30	52.70
N° 20	0.840	500	75.81	15.16	62.46	37.54
N° 40	0.420	500	51.63	10.33	72.79	27.21
N° 60	0.259	500	45.23	9.05	81.84	18.16
N° 100	0.150	500	38.65	7.73	89.57	10.43
N° 200	0.075	500	26.18	5.24	94.80	5.20
<N°200			25.99	5.20	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------

%GRAVA	%ARENA	%FINOS
27.68	67.12	5.20



D10	0.14
D30	0.53
D60	3.03

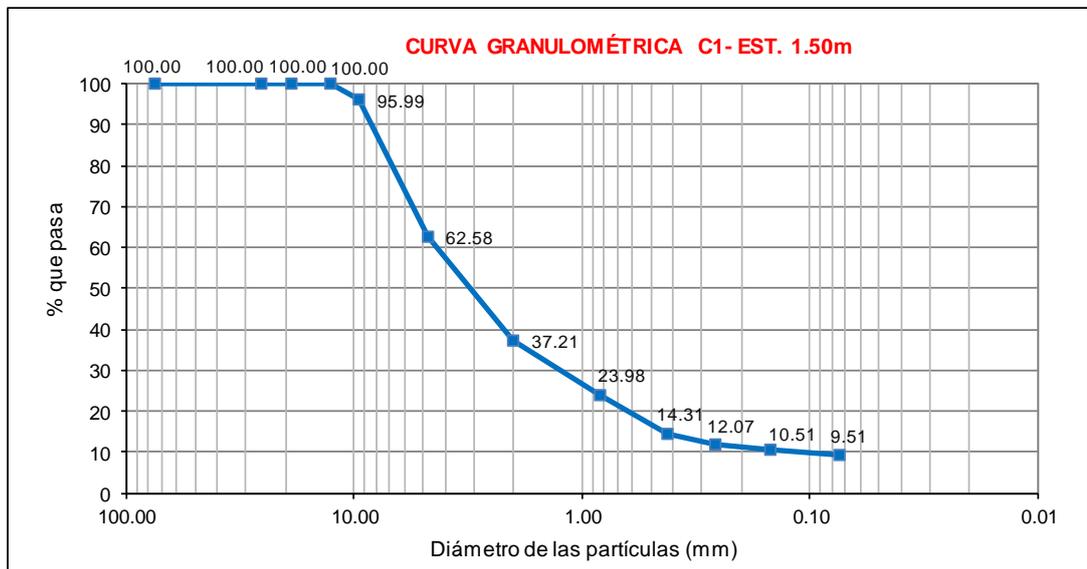
SW: $C_u > 6$ ; $1 \leq C_c \leq 3$		
Cu	21.05	Arena pobrementemente graduada
Cc	0.65	

**ANEXO 24: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 1- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
		ASTMD 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
ASTMD 421		Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado		

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C1- EST. 150m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	20.06	4.01	4.01	95.99
N° 4	4.760	500	167.03	33.41	37.42	62.58
N° 10	2.000	500	126.87	25.37	62.79	37.21
N° 20	0.840	500	66.15	13.23	76.02	23.98
N° 40	0.420	500	48.36	9.67	85.69	14.31
N° 60	0.259	500	11.16	2.23	87.93	12.07
N° 100	0.150	500	7.80	1.56	89.49	10.51
N° 200	0.075	500	5.01	1.00	90.49	9.51
Pérdida por lavado			47.56	9.51	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------



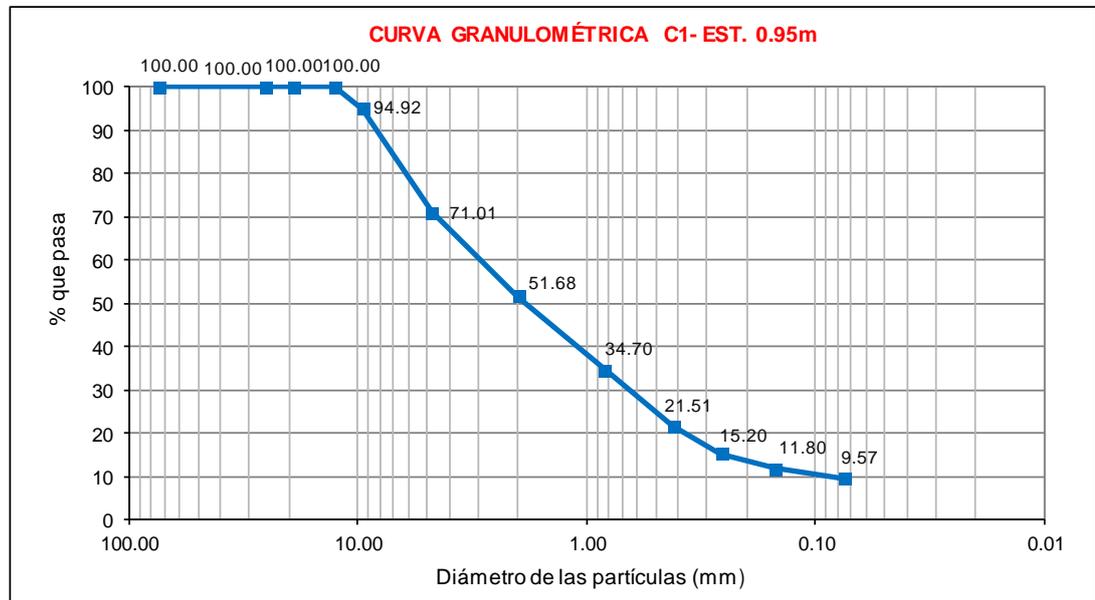
<b>GRAVA</b>		37.42	<b>37.42</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	25.37	<b>53.07</b>
	ARENA MEDIA	22.90	
	ARENA FINA	4.79	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	9.51	<b>9.51</b>

**ANEXO 25: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 1- Est. 0.95m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 0.95m - prof.		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
ASTM D 421		Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado			

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C1- EST. 0.95m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	25.42	5.08	5.08	94.92
N° 4	4.760	500	119.53	23.91	28.99	71.01
N° 10	2.000	500	96.67	19.33	48.32	51.68
N° 20	0.840	500	84.87	16.97	65.30	34.70
N° 40	0.420	500	65.98	13.20	78.49	21.51
N° 60	0.259	500	31.54	6.31	84.80	15.20
N° 100	0.150	500	16.98	3.40	88.20	11.80
N° 200	0.075	500	11.16	2.23	90.43	9.57
Pérdida por lavado			47.85	9.57	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------



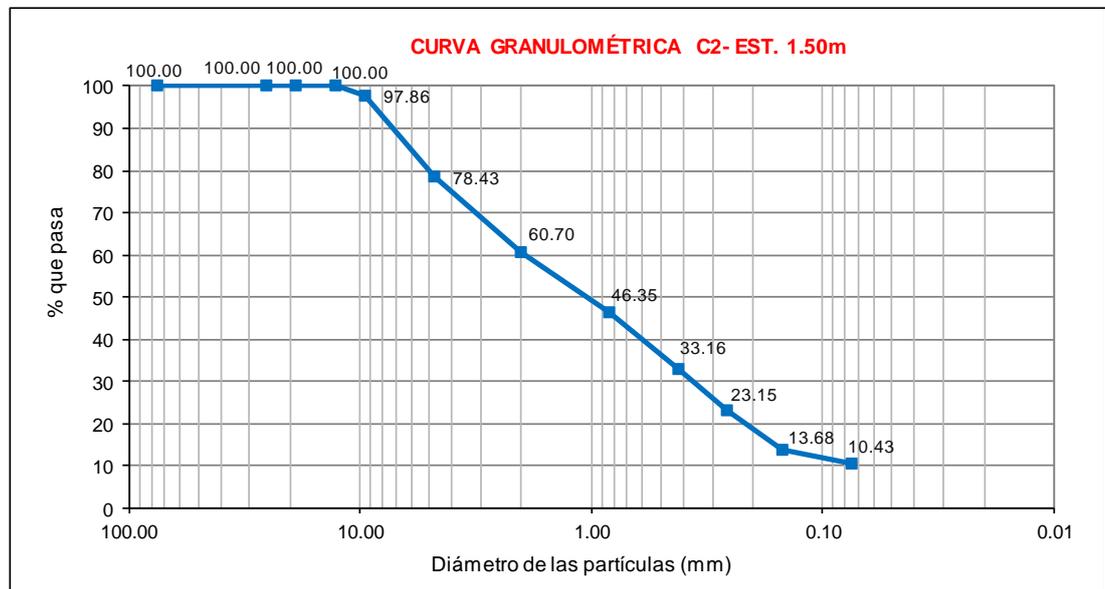
<b>GRAVA</b>		28.99	<b>28.99</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	19.33	<b>61.44</b>
	ARENA MEDIA	30.17	
	ARENA FINA	11.94	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	9.57	<b>9.57</b>

**ANEXO 26: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 2- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C2 Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos
			ASTMD 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
ASTMD 421			Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado	

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C2- EST. 150m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	10.72	2.14	2.14	97.86
N° 4	4.760	500	97.11	19.42	21.57	78.43
N° 10	2.000	500	88.65	17.73	39.30	60.70
N° 20	0.840	500	71.76	14.35	53.65	46.35
N° 40	0.420	500	65.98	13.20	66.84	33.16
N° 60	0.259	500	50.04	10.01	76.85	23.15
N° 100	0.150	500	47.33	9.47	86.32	13.68
N° 200	0.075	500	16.27	3.25	89.57	10.43
<N°200			52.1	10.43	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------



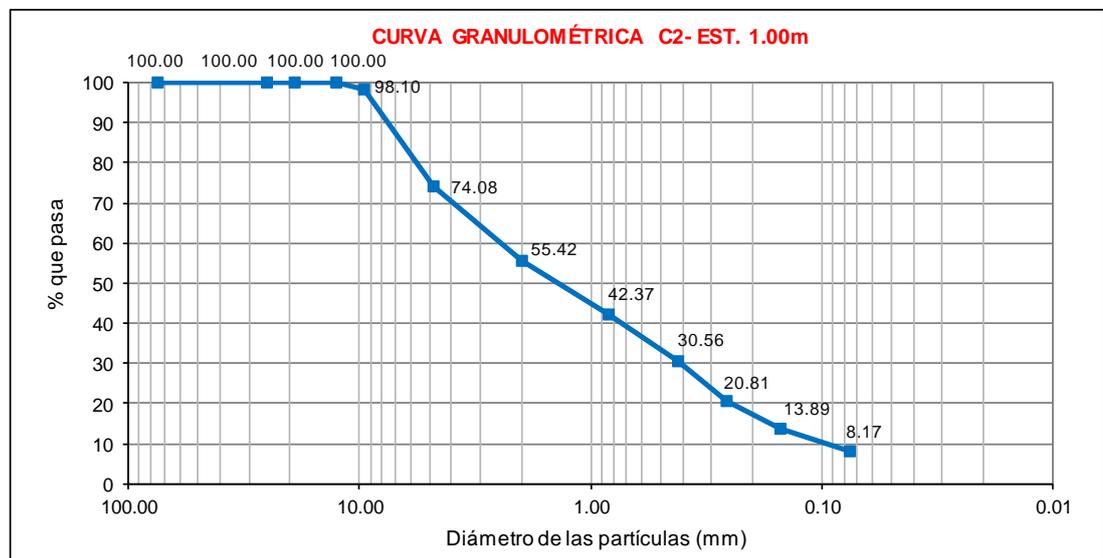
<b>GRAVA</b>		21.57	<b>21.57</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	17.73	<b>68.01</b>
	ARENA MEDIA	27.55	
	ARENA FINA	22.73	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	10.43	<b>10.43</b>

**ANEXO 27: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 2- Est. 1.00m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C2 Estrato 1.00m - prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
		ASTM D 421	Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado	

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C2- EST. 1.00m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	9.50	1.90	1.90	98.10
N° 4	4.760	500	120.08	24.02	25.92	74.08
N° 10	2.000	500	93.31	18.66	44.58	55.42
N° 20	0.840	500	65.27	13.05	57.63	42.37
N° 40	0.420	500	59.04	11.81	69.44	30.56
N° 60	0.259	500	48.73	9.75	79.19	20.81
N° 100	0.150	500	34.62	6.92	86.11	13.89
N° 200	0.075	500	28.59	5.72	91.83	8.17
<N°200			40.9	8.17	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------



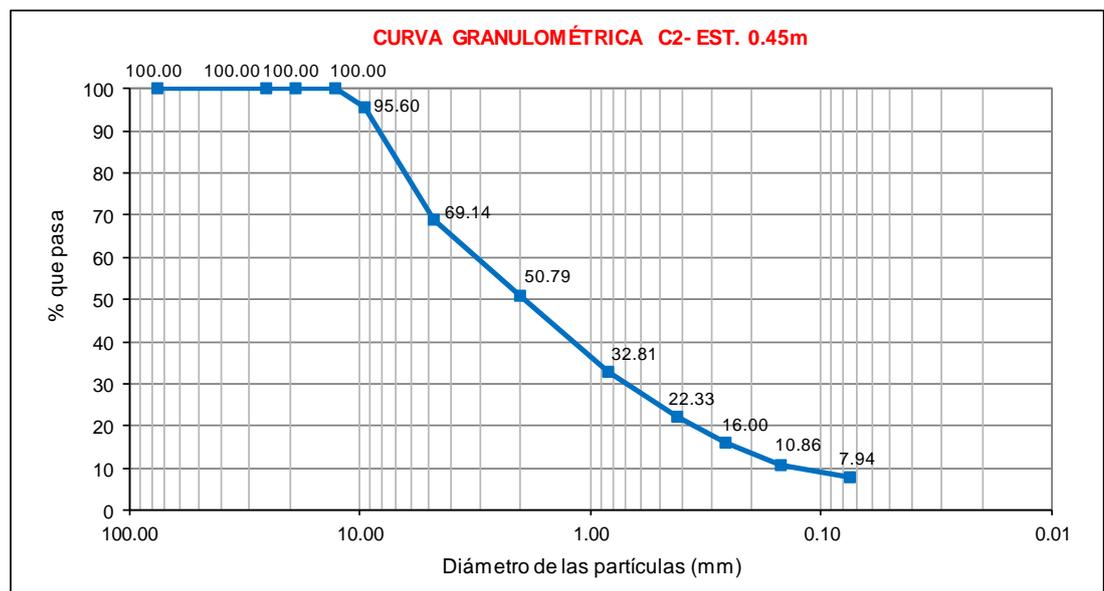
<b>GRAVA</b>		25.92	<b>25.92</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	18.66	<b>65.91</b>
	ARENA MEDIA	24.86	
	ARENA FINA	22.39	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	8.17	<b>8.17</b>

**ANEXO 28: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 2- Est. 0.45m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b> C2 Estrato 0.45m - prof.	
			ASTMD 420 Muestreo de Suelos ASTMD 422 Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado ASTMD 421 Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado	

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C2- EST. 0.45m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	22.00	4.40	4.40	95.60
N° 4	4.760	500	132.31	26.46	30.86	69.14
N° 10	2.000	500	91.74	18.35	49.21	50.79
N° 20	0.840	500	89.92	17.98	67.19	32.81
N° 40	0.420	500	52.37	10.47	77.67	22.33
N° 60	0.259	500	31.65	6.33	84.00	16.00
N° 100	0.150	500	25.70	5.14	89.14	10.86
N° 200	0.075	500	14.59	2.92	92.06	7.94
<N°200			39.7	7.94	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------



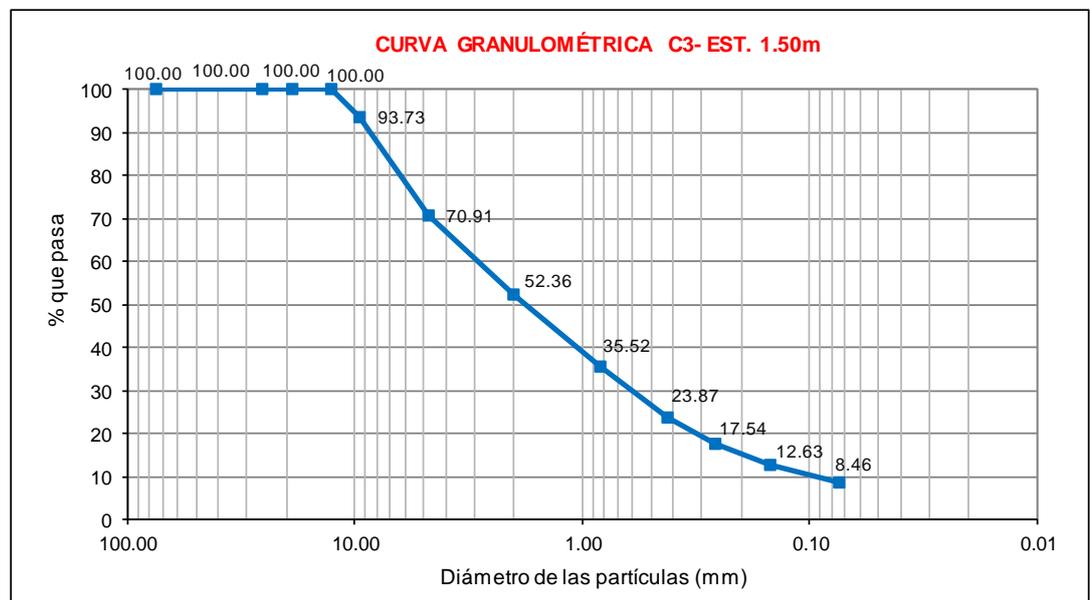
<b>GRAVA</b>		30.86	<b>30.86</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	18.35	<b>61.19</b>
	ARENA MEDIA	28.46	
	ARENA FINA	14.39	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	7.94	<b>7.94</b>

**ANEXO 29: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 3- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado	
ASTM D 421		Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado		

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C3- EST. 1.50m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	31.34	6.27	6.27	93.73
N° 4	4.760	500	114.09	22.82	29.09	70.91
N° 10	2.000	500	92.76	18.55	47.64	52.36
N° 20	0.840	500	84.23	16.85	64.48	35.52
N° 40	0.420	500	58.21	11.64	76.13	23.87
N° 60	0.259	500	31.68	6.34	82.46	17.54
N° 100	0.150	500	24.56	4.91	87.37	12.63
N° 200	0.075	500	20.85	4.17	91.54	8.46
<N°200			42.3	8.46	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------



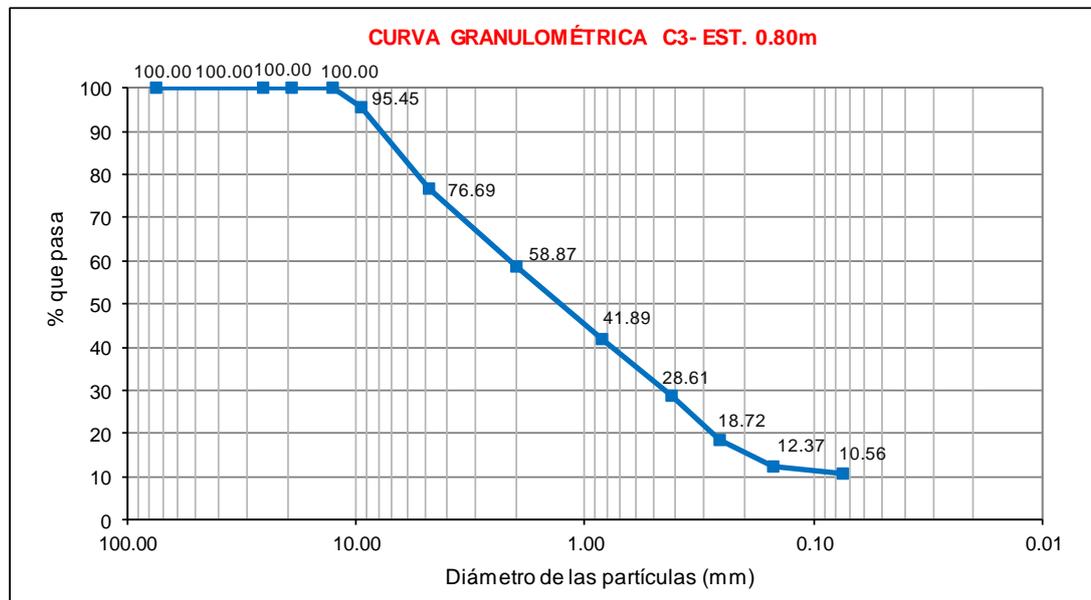
<b>GRAVA</b>		29.09	<b>29.09</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	18.55	<b>62.46</b>
	ARENA MEDIA	28.49	
	ARENA FINA	15.42	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	8.46	<b>8.46</b>

**ANEXO 30: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 3- Est. 0.80m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estrato 0.80m - prof.		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos		
		ASTMD 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
ASTMD 421		Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado			

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C3- EST. 0.80m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	22.75	4.55	4.55	95.45
N° 4	4.760	500	93.79	18.76	23.31	76.69
N° 10	2.000	500	89.12	17.82	41.13	58.87
N° 20	0.840	500	84.87	16.97	58.11	41.89
N° 40	0.420	500	66.43	13.29	71.39	28.61
N° 60	0.259	500	49.45	9.89	81.28	18.72
N° 100	0.150	500	31.76	6.35	87.63	12.37
N° 200	0.075	500	9.01	1.80	89.44	10.56
<N°200			52.8	10.56	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------



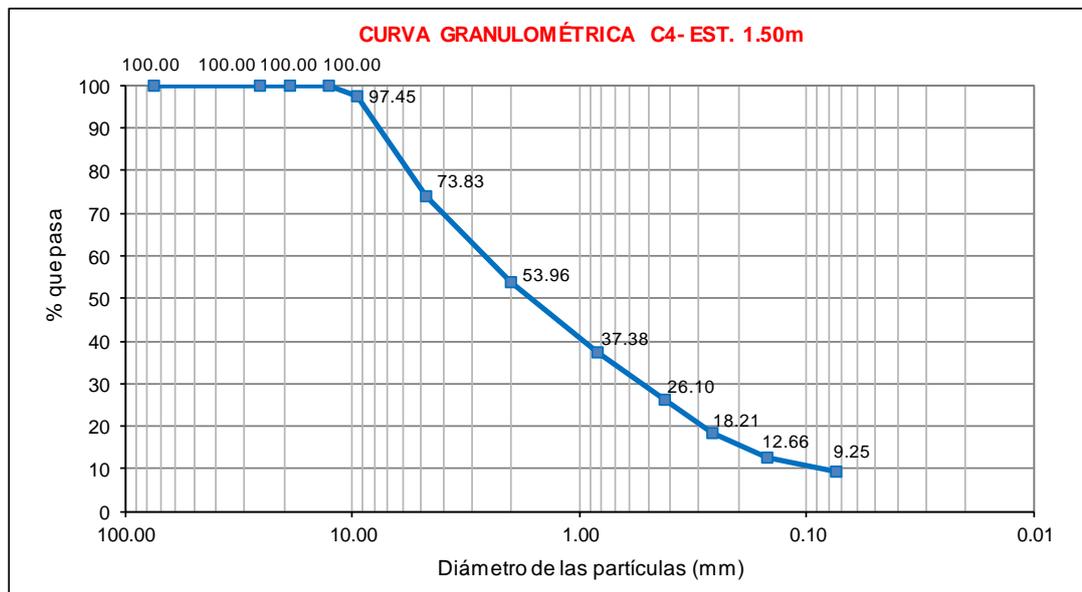
<b>GRAVA</b>		23.31	<b>23.31</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	17.82	<b>66.13</b>
	ARENA MEDIA	30.26	
	ARENA FINA	18.04	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	10.56	<b>10.56</b>

**ANEXO 31: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 4- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C4	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019		Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos		
		ASTMD 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado		
ASTMD 421		Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado			

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C4- EST. 1.50m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	12.75	2.55	2.55	97.45
N° 4	4.760	500	118.09	23.62	26.17	73.83
N° 10	2.000	500	99.37	19.87	46.04	53.96
N° 20	0.840	500	82.87	16.57	62.62	37.38
N° 40	0.420	500	56.43	11.29	73.90	26.10
N° 60	0.259	500	39.45	7.89	81.79	18.21
N° 100	0.150	500	27.76	5.55	87.34	12.66
N° 200	0.075	500	17.01	3.40	90.75	9.25
<N°200			46.3	9.25	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTMD 422	0.000
--	-------



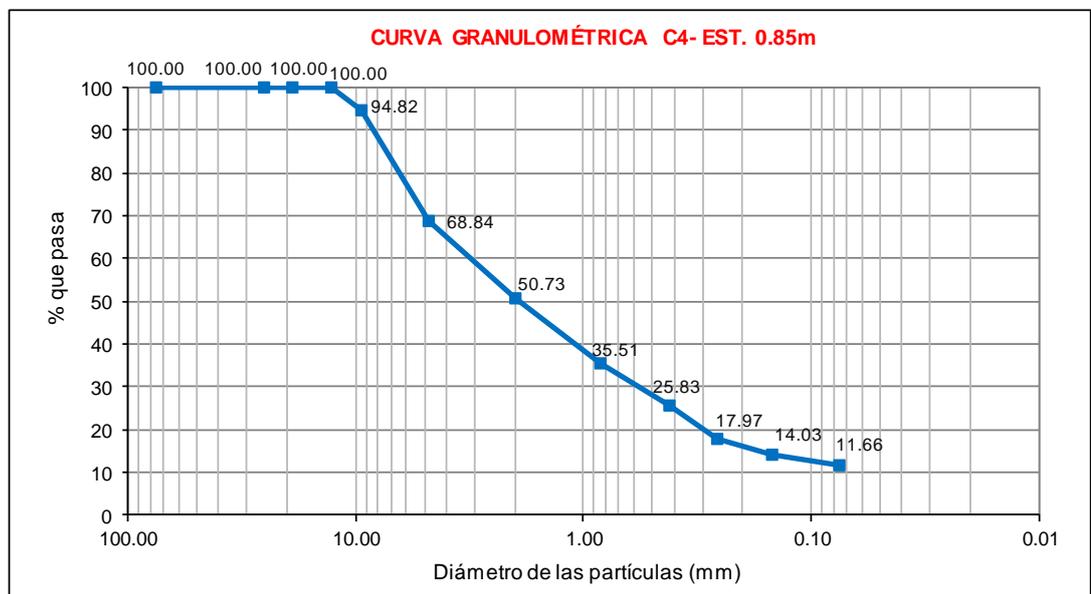
<b>GRAVA</b>		26.17	<b>26.17</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	19.87	<b>64.58</b>
	ARENA MEDIA	27.86	
	ARENA FINA	16.84	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	9.25	<b>9.25</b>

**ANEXO 32: Resultados de Análisis Granulométrico por Lavado de la Calicata 4- Est. 0.85m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C4
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
			ASTM D 422	Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado
		ASTM D 421	Análisis Granulométrico de Suelos por Lavado	
			Estrato 0.85m - prof.	

<b>ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE CALICATA C4- EST. 0.85m</b>						
Tamices	Malla (mm)	Ws	P.R.P	%R.P	% R.A	% PASA
N° 3"	75.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1"	25.400	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/4"	19.000	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 1/2"	12.700	500	0.00	0.00	0.00	100.00
N° 3/8"	9.500	500	25.89	5.18	5.18	94.82
N° 4	4.760	500	129.91	25.98	31.16	68.84
N° 10	2.000	500	90.54	18.11	49.27	50.73
N° 20	0.840	500	76.12	15.22	64.49	35.51
N° 40	0.420	500	48.39	9.68	74.17	25.83
N° 60	0.259	500	39.28	7.86	82.03	17.97
N° 100	0.150	500	19.73	3.95	85.97	14.03
N° 200	0.075	500	11.85	2.37	88.34	11.66
<N°200			58.3	11.66	100.00	0.00
			500.00	100		

Margen de error aceptable ASTM D 422	0.000
---	-------



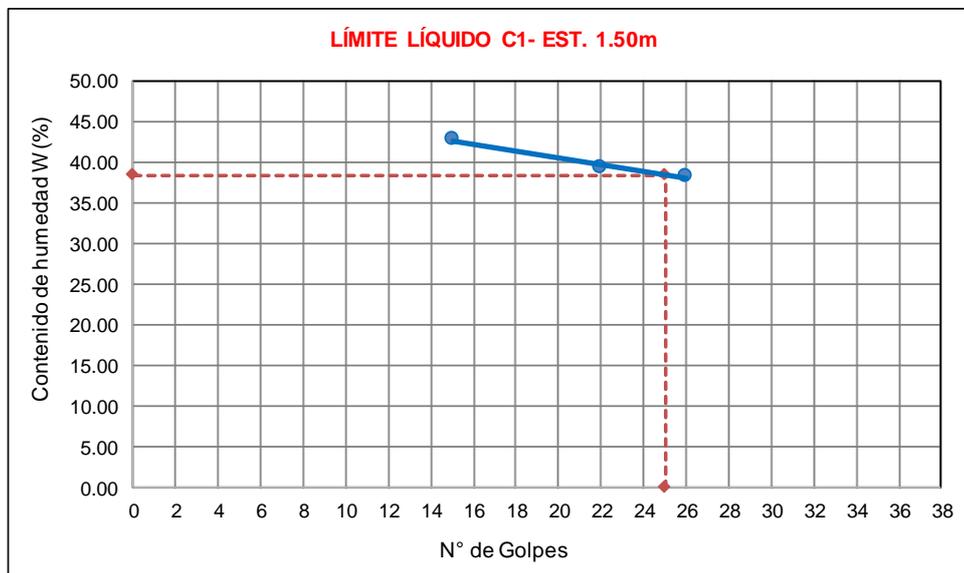
<b>GRAVA</b>		31.16	<b>31.16</b>
<b>ARENA</b>	ARENA GRUESA	18.11	<b>57.18</b>
	ARENA MEDIA	24.90	
	ARENA FINA	14.17	
<b>MATERIAL FINO</b>	LIMOS Y ARCILLAS	11.66	<b>11.66</b>

**ANEXO 33: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
1- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estratos variantes		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos		
		ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		
NTP 339.129		Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo			

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C1- EST. 1.50m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>15</b>	<b>22</b>	<b>26</b>
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	65.26	60.84	53.00
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	53.91	51.34	45.98
PESO AGUA	11.35	9.50	7.02
PESO Tara	27.30	27.12	27.60
Peso Muestra Seca	26.61	24.22	18.38
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>42.65</b>	<b>39.22</b>	<b>38.19</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C1-EST.1.50m</b>		
<b>Nº MISTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	34.92	37.77
Peso Tara + Peso Muestra seca =	32.97	35.88
PESO AGUA	1.95	1.89
PESO Tara	25.59	28.59
Peso Muestra Seca	7.38	7.29
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>26.42</b>	<b>25.93</b>



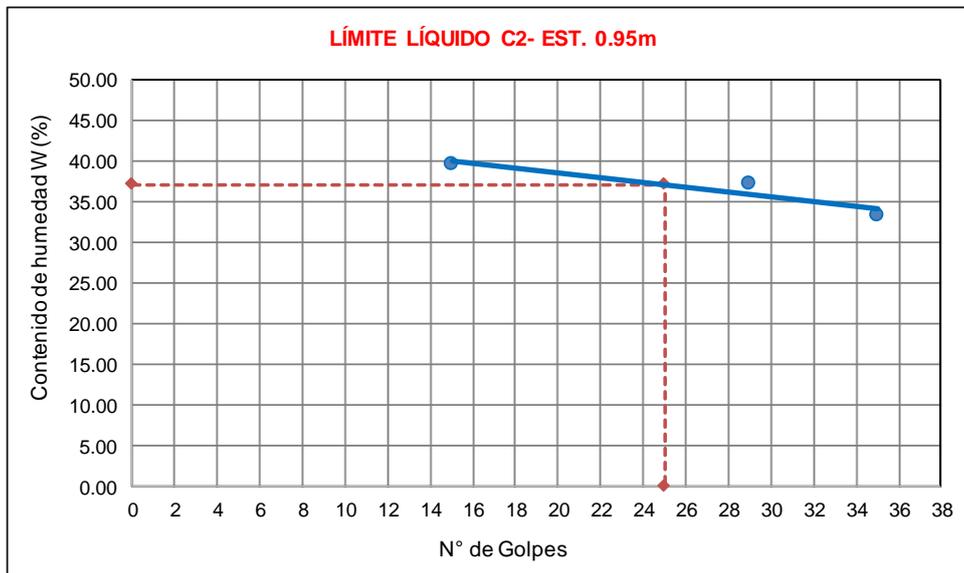
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>	
0	38	Límite Líquido =	<b>38.36</b>
25	38	Límite Plástico =	<b>26.17</b>
25	0	Índice Plástico =	<b>12.19</b>

**ANEXO 34: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
1- Est. 0.95m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estratos variantes	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
	ASTM D 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		
	NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C1- EST. 0.95m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>34</b>
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	49.97	46.68	40.37
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	44.00	42.00	38.00
PESO AGUA	5.97	4.68	2.37
PESO Tara	28.1	28.64	27.43
Peso Muestra Seca	15.9	13.36	10.57
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>37.55</b>	<b>35.03</b>	<b>22.42</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C2-EST.0.95m</b>		
<b>Nº MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	33.25	33.12
Peso Tara + Peso Muestra seca =	32.00	32.00
PESO AGUA	1.25	1.12
PESO Tara	27.56	27.78
Peso Muestra Seca	4.44	4.22
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>28.15</b>	<b>26.54</b>



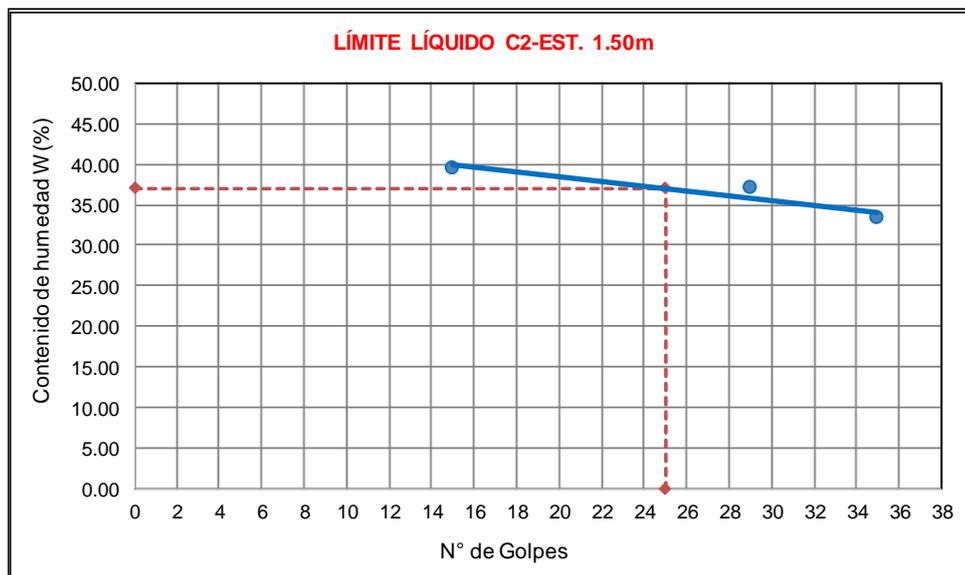
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
0	30	<b>Límite Líquido = 30.24</b>
25	30	<b>Límite Plástico = 27.35</b>
25	0	<b>Índice Plástico = 2.89</b>

**ANEXO 35: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
2- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estratos variantes	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
	ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		
	NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C2- EST. 1.50m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>15</b>	<b>29</b>	<b>35</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	38.22	37.43	37.03
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Seca</sub> =	34.22	31.16	31.34
PESO <sub>AGUA</sub>	4.00	6.27	5.69
PESO <sub>Tara</sub>	24.11	14.25	14.25
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	10.11	16.91	17.09
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>39.56</b>	<b>37.08</b>	<b>33.29</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C2-EST.1.50m</b>		
<b>Nº MISTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	33.19	34.85
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra seca</sub> =	32.15	33.2
PESO <sub>AGUA</sub>	1.04	1.65
PESO <sub>Tara</sub>	27.56	25.87
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	4.59	7.33
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>22.66</b>	<b>22.51</b>



<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
0	37	Límite Líquido = 37.03
25	37	Límite Plástico = 22.58
25	0	Índice Plástico = 14.45

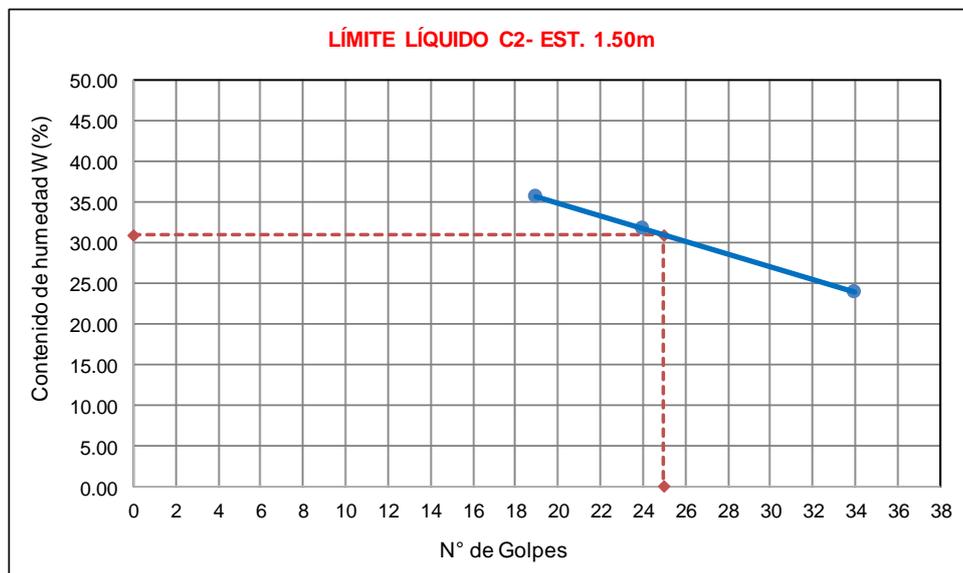
**ANEXO 36: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
2- Est. 1.00m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos
		ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo	
		NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo	

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C2- EST. 1.00m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>34</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	39.96	41.95	42.85
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Seca</sub> =	35.00	37.00	39.00
PESO <sub>AGUA</sub>	4.96	4.95	3.85
PESO <sub>Tara</sub>	21.07	21.4	22.85
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	13.93	15.6	16.15
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>35.61</b>	<b>31.73</b>	<b>23.84</b>

41.95
38.00
3.95
21.4
16.6
<b>23.80</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C2-EST. 1.00m</b>		
<b>Nº MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	19.57	27.42
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra seca</sub> =	18.23	26.11
PESO <sub>AGUA</sub>	1.34	1.31
PESO <sub>Tara</sub>	13.20	21.65
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	5.03	4.46
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>26.64</b>	<b>29.37</b>



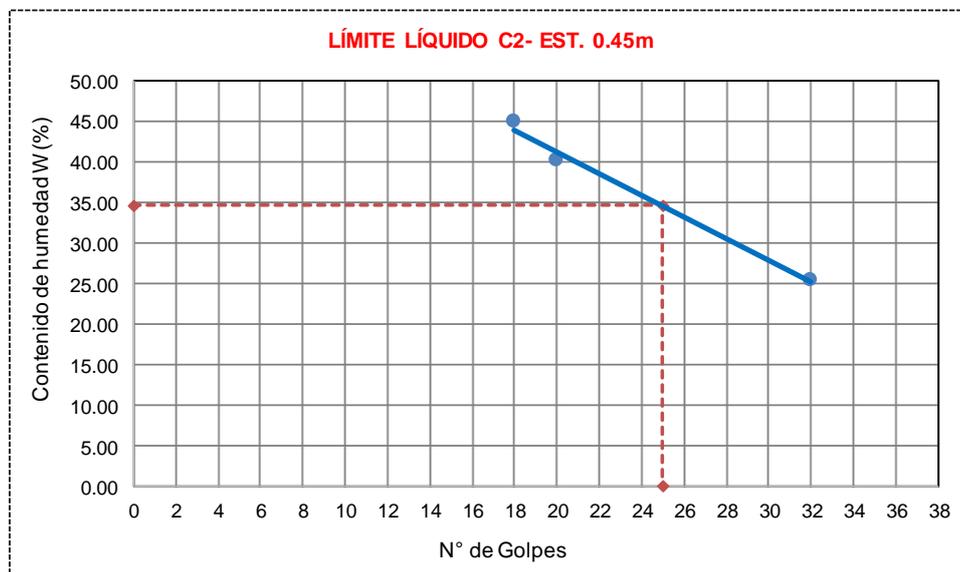
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>	
0	31	Límite Líquido =	<b>30.92</b>
25	31	Límite Plástico =	<b>28.01</b>
25	0	Índice Plástico =	<b>2.91</b>

**ANEXO 37: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
2- Est. 0.45m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C1 - C2 - C3 - C4	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
		ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		
		NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C2- EST. 0.45m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>18</b>	<b>20</b>	<b>32</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	58.25	47.87	45.41
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Seca</sub> =	52.00	42.00	42.00
PESO <sub>AGUA</sub>	6.25	5.87	3.41
PESO <sub>Tara</sub>	38.09	27.42	28.62
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	13.91	14.58	13.38
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>44.93</b>	<b>40.26</b>	<b>25.49</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C2-EST. 0.45m</b>		
<b>Nº MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	33.36	35.21
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra seca</sub> =	32.00	33.98
PESO <sub>AGUA</sub>	1.36	1.23
PESO <sub>Tara</sub>	27.79	30.08
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	4.21	3.90
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>32.30</b>	<b>31.54</b>



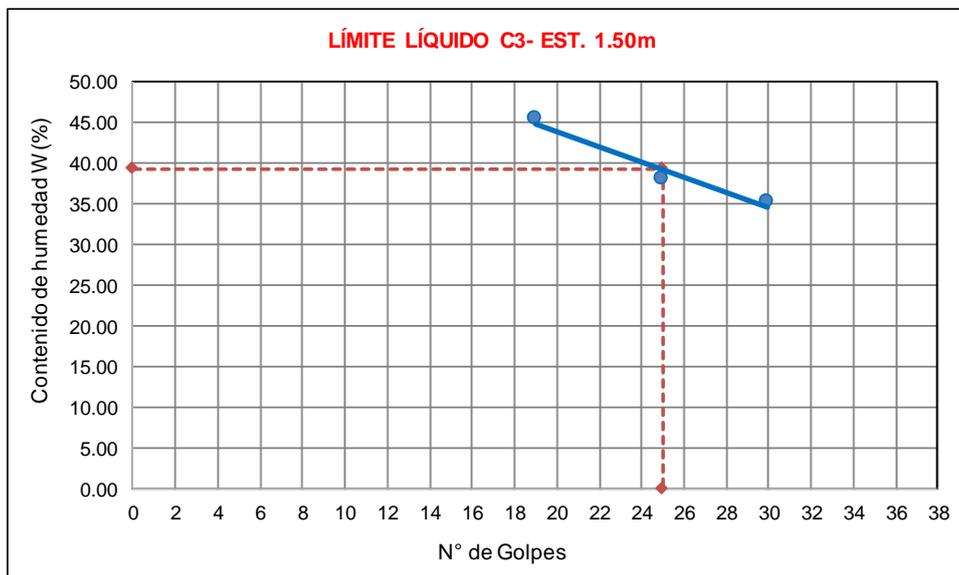
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>	
0	35	Límite Líquido =	<b>34.67</b>
25	35	Límite Plástico =	<b>31.92</b>
25	0	Índice Plástico =	<b>2.75</b>

**ANEXO 38: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
3- Est. 1.50m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>	Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estratos variantes	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
	ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		
	NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C3- EST. 1.50m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>19</b>	<b>25</b>	<b>30</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	55.89	52.43	65.47
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Seca</sub> =	45.11	43.75	58.56
PESO <sub>AGUA</sub>	10.78	8.68	6.91
PESO <sub>Tara</sub>	21.32	20.95	38.87
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	23.79	22.80	19.69
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>45.31</b>	<b>38.07</b>	<b>35.09</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C3-EST.1.50m</b>		
<b>Nº MISTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	32.99	27.13
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra seca</sub> =	30.89	25.19
PESO <sub>AGUA</sub>	2.10	1.94
PESO <sub>Tara</sub>	22.78	18.67
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	8.11	6.52
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>25.89</b>	<b>29.75</b>



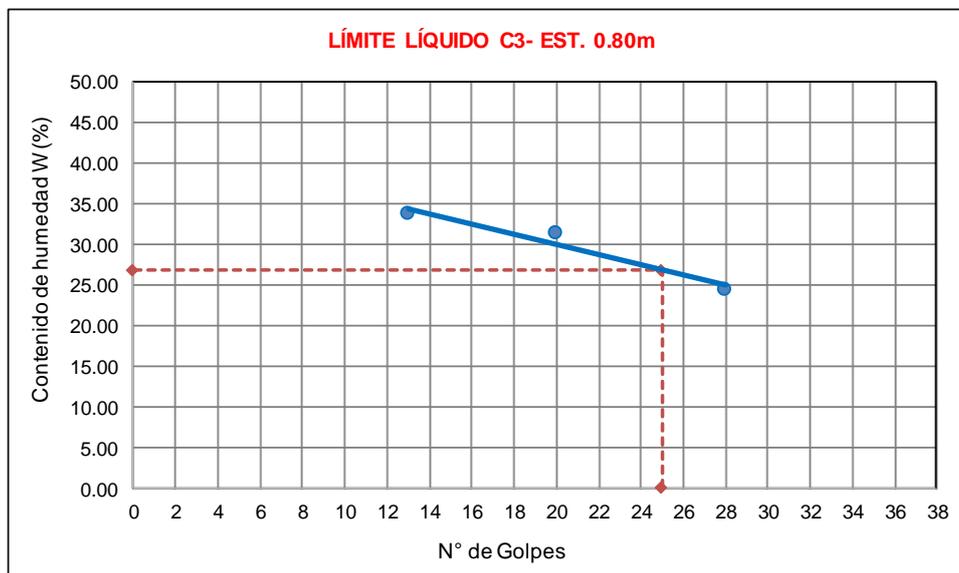
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>
0	39	Límite Líquido = <b>39.18</b>
25	39	Límite Plástico = <b>27.82</b>
25	0	Índice Plástico = <b>11.36</b>

**ANEXO 39: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
3- Est. 0.80m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos
		ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo	
		NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo	

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C3- EST.0.80m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>18</b>	<b>27</b>	<b>34</b>
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	58.81	62.35	59.49
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	53.37	56.63	53.01
PESO AGUA	5.44	5.72	6.48
PESO Tara	34.67	37.90	32.87
Peso Muestra Seca	18.70	18.73	20.14
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>29.09</b>	<b>30.54</b>	<b>32.17</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C3-EST.0.80m</b>		
<b>Nº MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	35.00	32.21
Peso Tara + Peso Muestra seca =	33.16	29.98
PESO AGUA	1.84	2.23
PESO Tara	25.90	19.99
Peso Muestra Seca	7.26	9.99
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>25.34</b>	<b>22.32</b>



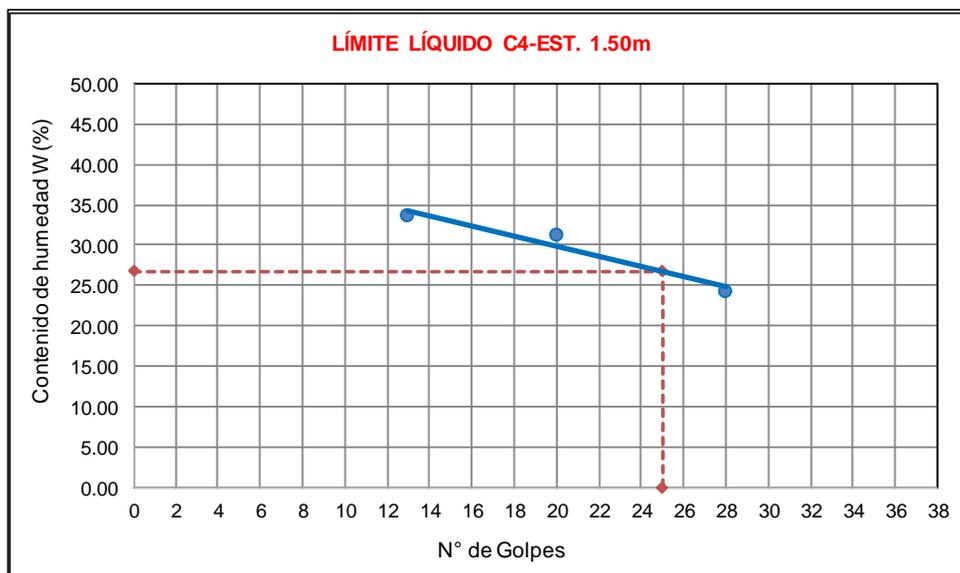
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>	
0	30	Límite Líquido =	<b>30.35</b>
25	30	Límite Plástico =	<b>23.83</b>
25	0	Índice Plástico =	<b>6.51</b>

### ANEXO 40: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata 4- Est. 1.50m

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>	Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>	Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2019	Estratos variantes	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
	ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		
	NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo		

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C4- EST. 1.50m</b>			
Nº DE GOLPES	13	20	28
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	59.21	61.64	55.75
Peso Tara + Peso Muestra Seca =	54.01	56.39	50.31
PESO AGUA	5.20	5.25	5.44
PESO Tara	38.56	39.56	27.90
Peso Muestra Seca	15.45	16.83	22.41
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>33.66</b>	<b>31.19</b>	<b>24.27</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C4-EST.1.50m</b>		
Nº MISTRAS	1	2
Peso Tara + Peso Muestra Humeda =	46.86	48.12
Peso Tara + Peso Muestra seca =	46	47.2
PESO AGUA	0.86	0.92
PESO Tara	38.25	40.15
Peso Muestra Seca	7.75	7.05
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>11.10</b>	<b>13.05</b>



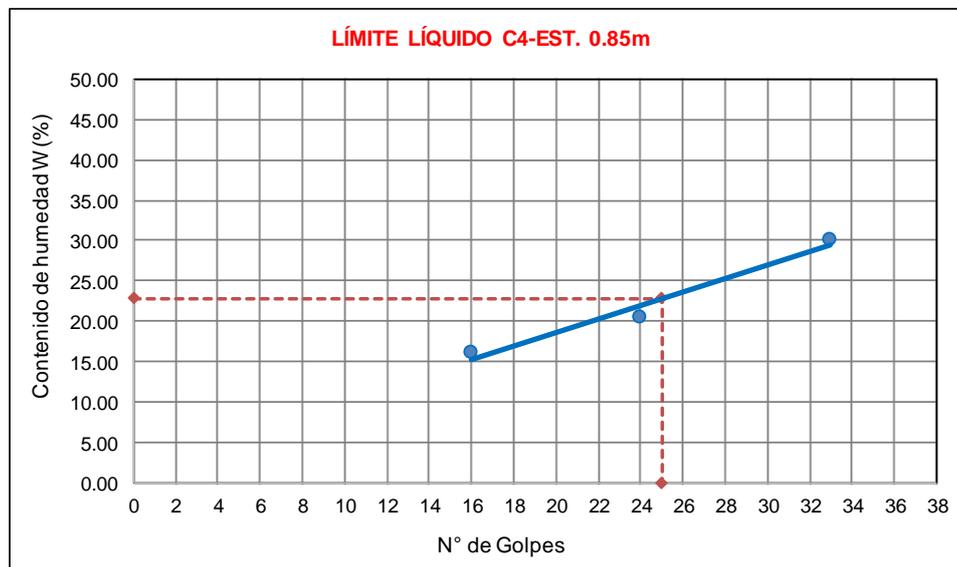
Nº DE GOLPES	INTERSECCIÓN	RESULTADOS
0	27	Límite Líquido = 26.76
25	27	Límite Plástico = 12.07
25	0	Índice Plástico = 14.69

**ANEXO 41: Resultados de Límite Líquido, Límite Plástico e Índice de Plasticidad de la Calicata  
4- Est. 0.85m**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C1 - C2 - C3 - C4
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos
		ASTMD 4318	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo	
		NTP 339.129	Límite Líquido- Límite Plástico e Índice de Plasticidad del suelo	

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD C4- EST. 0.85m</b>			
<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>16</b>	<b>24</b>	<b>33</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	56.37	51.59	60.35
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Seca</sub> =	52.21	47.88	54.82
PESO <sub>AGUA</sub>	3.38	3.71	5.53
PESO <sub>Tara</sub>	31.21	29.82	36.50
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	21.00	18.06	18.32
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>16.10</b>	<b>20.54</b>	<b>30.19</b>

<b>LÍMITE PLÁSTICO C4-EST.0.85m</b>		
<b>Nº MUESTRAS</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra Humeda</sub> =	33.32	36.11
Peso <sub>Tara</sub> + Peso <sub>Muestra seca</sub> =	31.89	34.99
PESO <sub>AGUA</sub>	1.43	1.12
PESO <sub>Tara</sub>	24.00	28.00
Peso <sub>Muestra Seca</sub>	7.89	6.99
<b>% DE HUMEDAD</b>	<b>18.12</b>	<b>16.02</b>

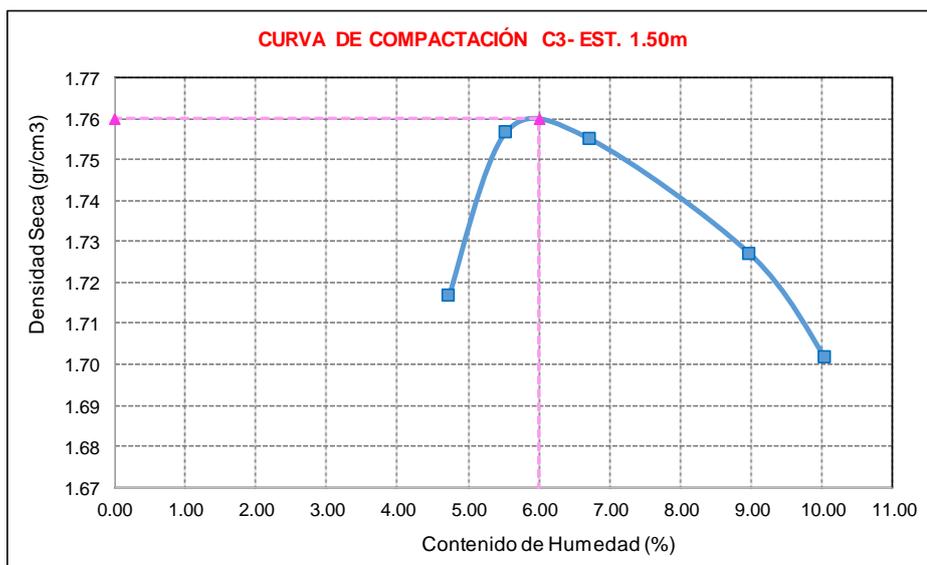


<b>Nº DE GOLPES</b>	<b>INTERSECCIÓN</b>	<b>RESULTADOS</b>	
0	23	Límite Líquido =	<b>22.83</b>
25	23	Límite Plástico =	<b>17.07</b>
25	0	Índice Plástico =	<b>5.76</b>

**ANEXO 42: Resultados del ensayo Proctor Modificado de la Calicata 3- Est. 1.50m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3-EST. 1.50m
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		Método B
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
ASTM D 1557			Compactación Proctor Modificado - Método B		
NTP 339.141			Compactación Proctor Modificado - Método B		

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO C3- EST. 1.50m</b>										
Nº DE PRUEBA	M1		M2		M3		M4		M5	
Suelo (gr)	3000		3000		3000		3000		3000	
Peso de Martillo	6650		6650		6650		6650		6650	
Nº de capas	5		5		5		5		5	
Altura de caída (cm)	45		45		45		45		45	
Nº de golpes por capa	25		25		25		25		25	
Agua	3.0%		4.5%		6.0%		7.5%		9.0%	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1068		1068		1068		1068		1068	
Masa de suelo + molde (gr)	6120		6180		6200		6210		6200	
Masa del molde (gr)	4200		4200		4200		4200		4200	
Masa del suelo en molde (gr)	1920		1980		2000		2010		2000	
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.80		1.85		1.87		1.88		1.87	
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.717</b>		<b>1.757</b>		<b>1.755</b>		<b>1.727</b>		<b>1.702</b>	
Nº DE RECIPIENTE	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tara + suelo humedo (gr)	98.21	107.87	119.33	118.66	120.45	118.55	132.75	138.78	164.73	155.82
Tara + suelos seco (gr)	95.56	103.64	115.54	112.92	115.23	112.47	124.91	128.86	152.25	145.07
Masa de agua (gr)	2.65	4.23	3.79	5.74	5.22	6.08	7.84	9.92	12.48	10.75
Masa de lata (gr)	27.31	27.55	28.78	27.28	28.89	29.99	27.37	28.89	27.96	27.96
Masa de suelo seco (gr)	68.25	76.09	86.76	85.64	86.34	82.48	97.54	99.97	124.29	117.11
Contenido de humedad (%)	3.88	5.56	4.37	6.70	6.05	7.37	8.04	9.92	10.04	9.18
<b>W promedio (%)</b>	<b>4.72</b>		<b>5.54</b>		<b>6.71</b>		<b>8.98</b>		<b>10.04</b>	

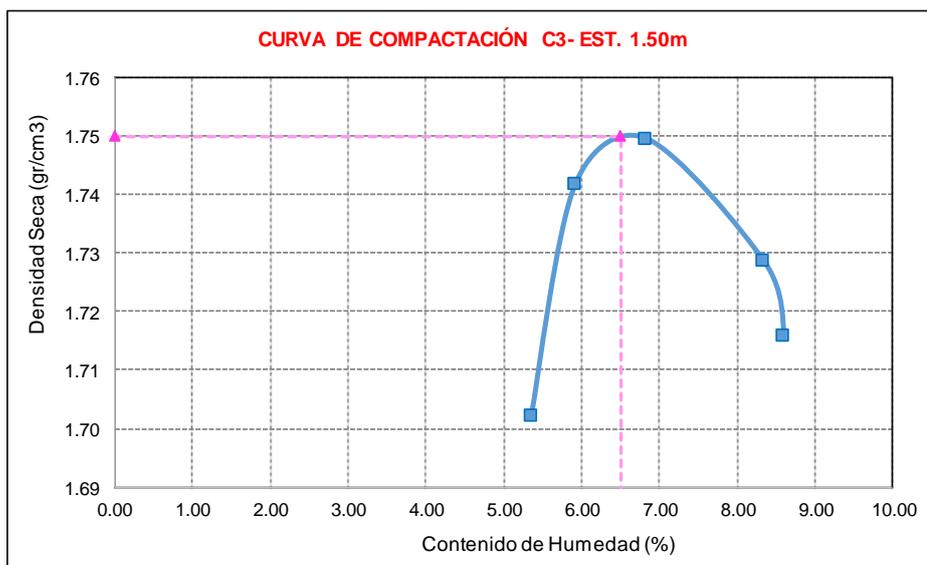


Ds máx =	1.760 gr/cm <sup>3</sup>
Wop =	6.00 %

**ANEXO 43: Resultados del ensayo Proctor Modificado de la Calicata 3- Est. 1.50m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3-EST. 1.50m
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		Método B
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
ASTM D 1557			Compactación Proctor Modificado - Método B		
NTP 339.141			Compactación Proctor Modificado - Método B		

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO C3- EST. 1.50m</b>										
Nº DE PRUEBA	M1		M2		M3		M4		M5	
Suelo (gr)	3000		3000		3000		3000		3000	
Peso de Martillo	6650		6650		6650		6650		6650	
Nº de capas	5		5		5		5		5	
Altura de caída (cm)	45		45		45		45		45	
Nº de golpes por capa	25		25		25		25		25	
Agua	3.0%		4.5%		6.0%		7.5%		9.0%	
Volumen del molde (cm3)	1068		1068		1068		1068		1068	
Masa de suelo + molde (gr)	6115		6170		6196		6200		6190	
Masa del molde (gr)	4200		4200		4200		4200		4200	
Masa del suelo en molde (gr)	1915		1970		1996		2000		1990	
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.79		1.84		1.87		1.87		1.86	
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	<b>1.702</b>		<b>1.742</b>		<b>1.750</b>		<b>1.729</b>		<b>1.716</b>	
Nº DE RECIPIENTE	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tara + suelo humedo (gr)	108.04	117.93	127.33	128.73	132.65	138.11	142.16	148.78	154.25	165.95
Tara + suelos seco (gr)	103.95	113.34	121.99	122.91	125.84	131.40	133.14	139.75	144.25	155.21
Masa de agua (gr)	4.09	4.59	5.34	5.82	6.81	6.71	9.02	9.03	10.00	10.74
Masa de lata (gr)	27.31	27.55	28.78	27.28	28.89	29.99	27.37	28.89	27.96	27.96
Masa de suelo seco (gr)	76.64	85.79	93.21	95.63	96.95	101.41	105.77	110.86	116.29	127.25
Contenido de humedad (%)	5.34	5.35	5.73	6.09	7.02	6.62	8.53	8.15	8.60	8.44
<b>W promedio (%)</b>	<b>5.34</b>		<b>5.91</b>		<b>6.82</b>		<b>8.34</b>		<b>8.60</b>	

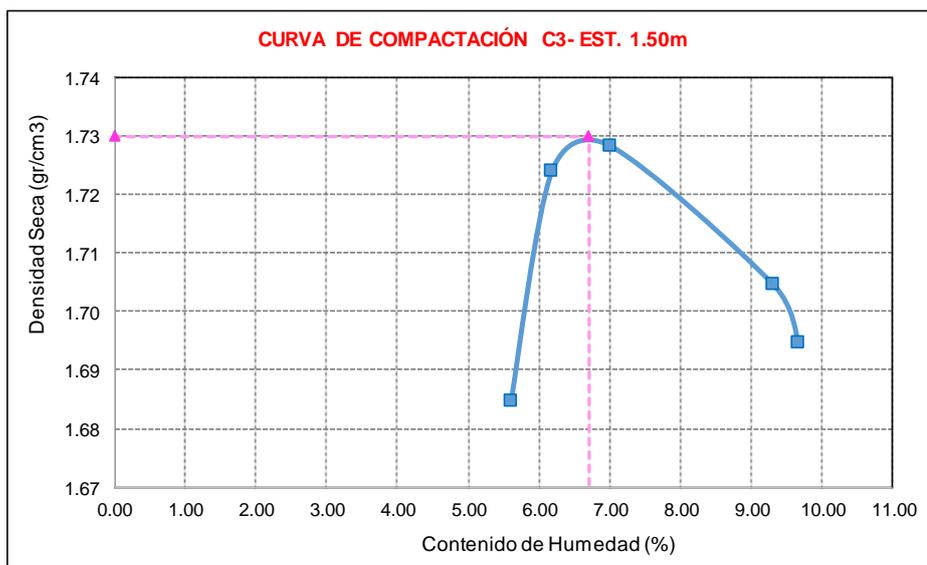


Ds máx =	1.750 gr/cm3
Wop =	6.50 %

**ANEXO 44: Resultados del ensayo Proctor Modificado de la Calicata 3- Est. 1.50m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	C3-EST. 1.50m
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		Método B
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
ASTM D 1557			Compactación Proctor Modificado - Método B		
NTP 339.141			Compactación Proctor Modificado - Método B		

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO C3- EST. 1.50m</b>										
Nº DE PRUEBA	M1		M2		M3		M4		M5	
Suelo (gr)	3000		3000		3000		3000		3000	
Peso de Martillo	6650		6650		6650		6650		6650	
Nº de capas	5		5		5		5		5	
Altura de caída (cm)	45		45		45		45		45	
Nº de golpes por capa	25		25		25		25		25	
Agua	3.0%		4.5%		6.0%		7.5%		9.0%	
Volumen del molde (cm3)	1068		1068		1068		1068		1068	
Masa de suelo + molde (gr)	6100		6155		6175		6190		6185	
Masa del molde (gr)	4200		4200		4200		4200		4200	
Masa del suelo en molde (gr)	1900		1955		1975		1990		1985	
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.78		1.83		1.85		1.86		1.86	
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	<b>1.685</b>		<b>1.724</b>		<b>1.728</b>		<b>1.705</b>		<b>1.695</b>	
Nº DE RECIPIENTE	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tara + suelo humedo (gr)	118.04	119.93	128.45	129.65	133.19	139.98	143.74	149.47	155.38	166.81
Tara + suelos seco (gr)	113.01	115.25	122.28	124.07	125.67	133.54	134.28	138.73	144.18	154.54
Masa de agua (gr)	5.03	4.68	6.17	5.58	7.52	6.44	9.46	10.74	11.20	12.27
Masa de lata (gr)	27.31	27.55	28.78	27.28	28.89	29.99	27.37	28.89	27.96	27.96
Masa de suelo seco (gr)	85.70	87.70	93.50	96.79	96.78	103.55	106.91	109.84	116.22	126.58
Contenido de humedad (%)	5.87	5.34	6.60	5.77	7.77	6.22	8.85	9.78	9.64	9.69
<b>W promedio (%)</b>	<b>5.60</b>		<b>6.18</b>		<b>6.99</b>		<b>9.31</b>		<b>9.67</b>	

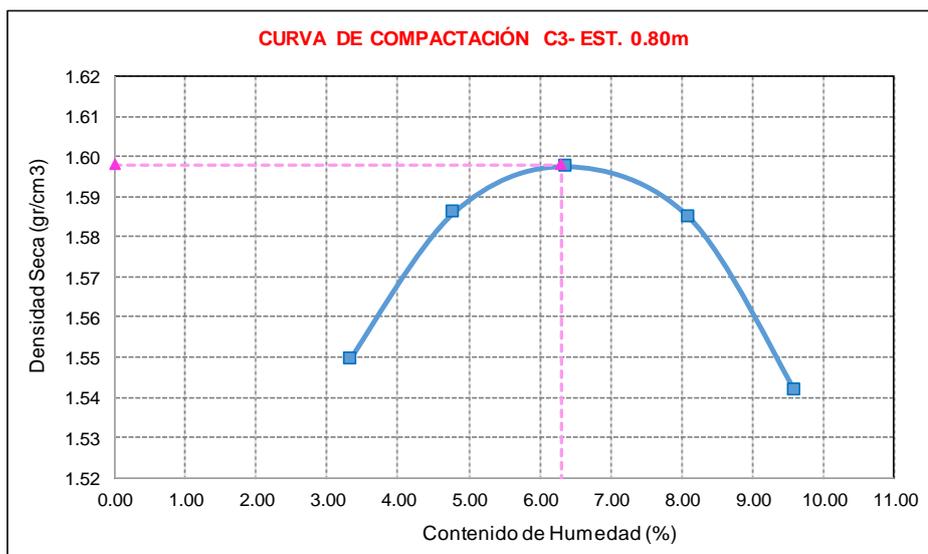


Ds máx =	1.730 gr/cm3
Wop =	6.70 %

**ANEXO 45: Resultados del ensayo Proctor Modificado de la Calicata 3- Est. 0.80m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	C3-EST. 0.80m	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
		ASTMD 1557	Compactación Proctor Modificado - Método B		
		NTP 339.141	Compactación Proctor Modificado - Método B		

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO C3- EST. 0.80m</b>										
Nº DE PRUEBA	M1		M2		M3		M4		M5	
Suelo (gr)	2880		2880		2880		2880		2880	
Cemento (gr)	120		120		120		120		120	
Peso de Martillo	6650		6650		6650		6650		6650	
Nº de capas	5		5		5		5		5	
Altura de caída (cm)	45		45		45		45		45	
Nº de golpes por capa	25		25		25		25		25	
Agua	3.0%		4.5%		6.0%		7.5%		9.0%	
Volumen del molde (cm3)	1068		1068		1068		1068		1068	
Masa de suelo + molde (gr)	5850		5915		5955		5970		5945	
Masa del molde (gr)	4140		4140		4140		4140		4140	
Masa del suelo en molde (gr)	1710		1775		1815		1830		1805	
Densidad Humeda (gr/cm3)	1.60		1.66		1.70		1.71		1.69	
<b>Densidad Seca (gr/cm3)</b>	<b>1.550</b>		<b>1.586</b>		<b>1.598</b>		<b>1.585</b>		<b>1.542</b>	
Nº DE RECIPIENTE	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tara + suelo humedo (gr)	122.36	128.58	134.52	139.21	144.98	149.71	155.84	159.17	168.61	171.54
Tara + suelos seco (gr)	119.28	125.41	129.69	134.10	137.58	142.79	145.96	149.57	156.31	158.98
Masa de agua (gr)	3.08	3.17	4.83	5.11	7.40	6.92	9.88	9.60	12.30	12.56
Masa de lata (gr)	27.69	28.49	28.45	27.50	27.87	27.55	27.71	27.41	28.19	28.59
Masa de suelo seco (gr)	91.59	96.92	101.24	106.60	109.71	115.24	118.25	122.16	128.12	130.39
Contenido de humedad (%)	3.36	3.27	4.77	4.79	6.75	6.00	8.36	7.86	9.60	9.63
<b>W promedio (%)</b>	<b>3.32</b>		<b>4.78</b>		<b>6.37</b>		<b>8.11</b>		<b>9.60</b>	

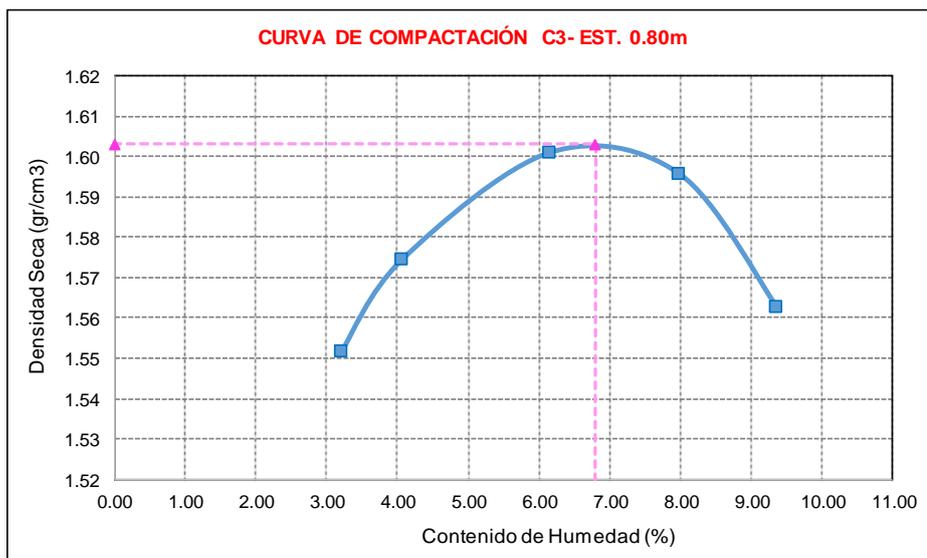


Ds máx =	1.598 gr/cm3
Wop =	6.30 %

**ANEXO 46: Resultados del ensayo Proctor Modificado de la Calicata 3- Est. 0.80m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b> Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b> Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>	
	<b>MATERIAL</b> Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b> C3-EST. 0.80m
	<b>FECHA DE ENSAYO</b> 2019	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>	
ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
ASTMD 1557	Compactación Proctor Modificado - Método B	
NTP 339.141	Compactación Proctor Modificado - Método B	

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO C3- EST. 0.80m</b>										
N° DE PRUEBA	M1		M2		M3		M4		M5	
Suelo (gr)	2880		2880		2880		2880		2880	
Cemento (gr)	120		120		120		120		120	
Peso de Martillo	6650		6650		6650		6650		6650	
N° de capas	5		5		5		5		5	
Altura de caída (cm)	45		45		45		45		45	
N° de golpes por capa	25		25		25		25		25	
Agua	3.0%		4.5%		6.0%		7.5%		9.0%	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1068		1068		1068		1068		1068	
Masa de suelo + molde (gr)	5850		5890		5955		5980		5965	
Masa del molde (gr)	4140		4140		4140		4140		4140	
Masa del suelo en molde (gr)	1710		1750		1815		1840		1825	
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.60		1.64		1.70		1.72		1.71	
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.551</b>		<b>1.574</b>		<b>1.601</b>		<b>1.596</b>		<b>1.563</b>	
N° DE RECIPIENTE	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tara + suelo humedo (gr)	128.49	129.30	137.90	139.78	146.78	149.59	157.88	154.86	169.42	172.58
Tara + suelos seco (gr)	125.32	126.24	133.14	135.80	139.51	142.81	148.95	145.76	155.92	158.76
Masa de agua (gr)	3.17	3.06	4.76	3.98	7.27	6.78	8.93	9.10	13.50	13.82
Masa de lata (gr)	28.28	28.73	27.34	26.52	27.40	26.46	29.07	38.62	12.62	9.80
Masa de suelo seco (gr)	97.04	97.51	105.80	109.28	112.11	116.35	119.88	107.14	143.30	148.96
Contenido de humedad (%)	3.27	3.14	4.50	3.64	6.48	5.83	7.45	8.49	9.42	9.28
<b>W promedio (%)</b>	<b>3.20</b>		<b>4.07</b>		<b>6.16</b>		<b>7.97</b>		<b>9.35</b>	

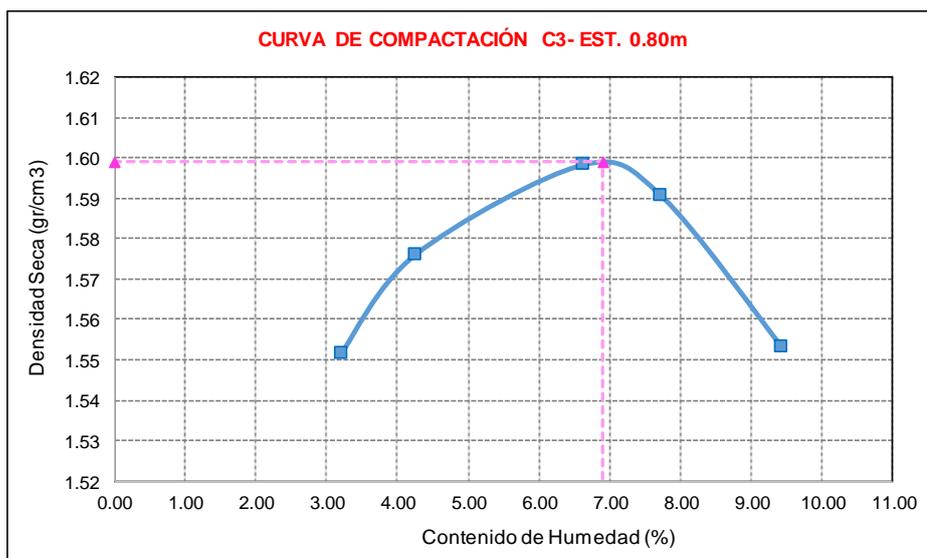


Ds máx =	1.603 gr/cm <sup>3</sup>
Wop =	6.80 %

**ANEXO 47: Resultados del ensayo Proctor Modificado de la Calicata 3- Est. 0.80m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
		ASTMD 1557	Compactación Proctor Modificado - Método B		
		NTP 339.141	Compactación Proctor Modificado - Método B		

<b>COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO C3- EST. 0.80m</b>										
N° DE PRUEBA	M1		M2		M3		M4		M5	
Suelo (gr)	2940		2940		2940		2940		2940	
Cemento (gr)	60		60		60		60		60	
Peso de Martillo	6650		6650		6650		6650		6650	
N° de capas	5		5		5		5		5	
Altura de caída (cm)	45		45		45		45		45	
N° de golpes por capa	25		25		25		25		25	
Agua	3.0%		4.5%		6.0%		7.5%		9.0%	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	1068		1068		1068		1068		1068	
Masa de suelo + molde (gr)	5850		5895		5960		5970		5955	
Masa del molde (gr)	4140		4140		4140		4140		4140	
Masa del suelo en molde (gr)	1710		1755		1820		1830		1815	
Densidad Humeda (gr/cm <sup>3</sup> )	1.60		1.64		1.70		1.71		1.70	
<b>Densidad Seca (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	<b>1.551</b>		<b>1.576</b>		<b>1.598</b>		<b>1.591</b>		<b>1.553</b>	
N° DE RECIPIENTE	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
Tara + suelo humedo (gr)	128.49	129.30	137.90	139.78	146.78	149.59	157.88	154.86	169.42	172.58
Tara + suelos seco (gr)	125.32	126.24	133.64	134.89	139.50	141.81	148.95	146.28	155.92	156.76
Masa de agua (gr)	3.17	3.06	4.26	4.89	7.28	7.78	8.93	8.58	13.50	15.82
Masa de lata (gr)	28.28	28.73	27.34	26.52	27.40	26.46	29.07	38.62	12.62	9.80
Masa de suelo seco (gr)	97.04	97.51	106.30	108.37	112.10	115.35	119.88	107.66	143.30	146.96
Contenido de humedad (%)	3.27	3.14	4.01	4.51	6.49	6.74	7.45	7.97	9.42	10.76
<b>W promedio (%)</b>	<b>3.20</b>		<b>4.26</b>		<b>6.62</b>		<b>7.71</b>		<b>9.42</b>	



Ds máx =	1.599 gr/cm <sup>3</sup>
Wop =	6.90 %

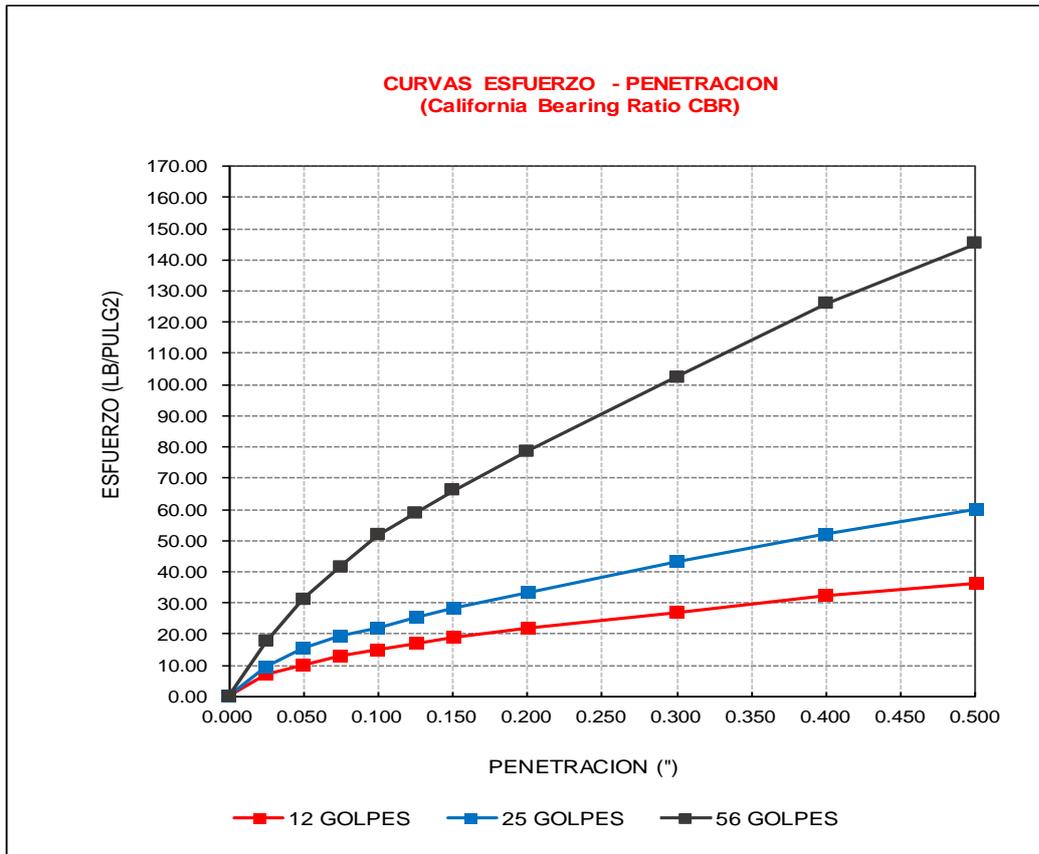
**ANEXO 48: Resultados del ensayo CBR Patrón de la Calicata 3- Est. 1.50m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	CBR PATRÓN
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos	
		ASTMD 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 1.50m									
MOLDE	1			2			3		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11065.00		11540.00	11310.00		11735.00	11650.00		11995.00
Peso Molde (gr)	7245.00		7245.00	7185.00		7185.00	7250.00		7250.00
Peso Húmedo (gr)	3820.00		4295.00	4125.00		4550.00	4400.00		4745.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.61		1.82	1.74		1.92	1.86		2.01
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	215.16	206.81	203.38	205.79	200.51	202.86	190.72	195.24	200.45
Peso Seco + Tara	191.25	183.92	178.74	182.93	177.15	179.81	171.86	174.94	178.72
Peso Agua (gr)	23.91	22.89	24.64	22.86	23.36	23.05	18.86	20.30	21.73
Peso Tara (gr)	27.32	30.10	27.14	26.65	20.81	28.03	28.35	26.57	26.79
P. Muestra Seca	163.93	153.82	151.60	156.28	156.34	151.78	143.51	148.37	151.93
Cont. Humedad (%)	14.59	14.88	16.25	14.63	14.94	15.19	13.14	13.68	14.30
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>14.73</b>		<b>16.25</b>	<b>14.78</b>		<b>15.19</b>	<b>13.41</b>		<b>14.30</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.41</b>		<b>1.56</b>	<b>1.52</b>		<b>1.67</b>	<b>1.64</b>		<b>1.75</b>

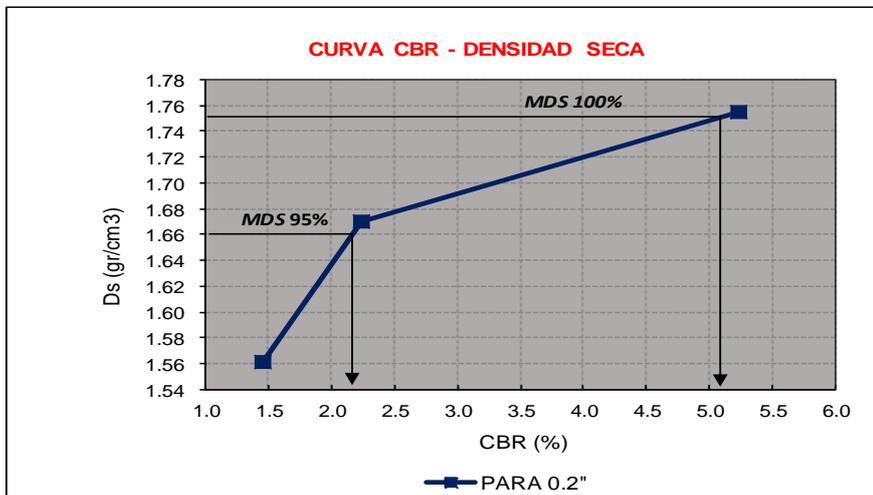
ENSAYO: HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
ACUMULADO	(Hs)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.		(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	2.970	2.970	2.65	2.560	2.560	2.29	2.620	2.620	2.34
48	2	3.630	3.630	3.24	3.040	3.040	2.71	3.240	3.240	2.89
72	3	4.790	4.790	4.28	4.430	4.430	3.96	4.570	4.570	4.08
96	4	4.980	4.980	4.45	4.550	4.550	4.06	4.780	4.780	4.27

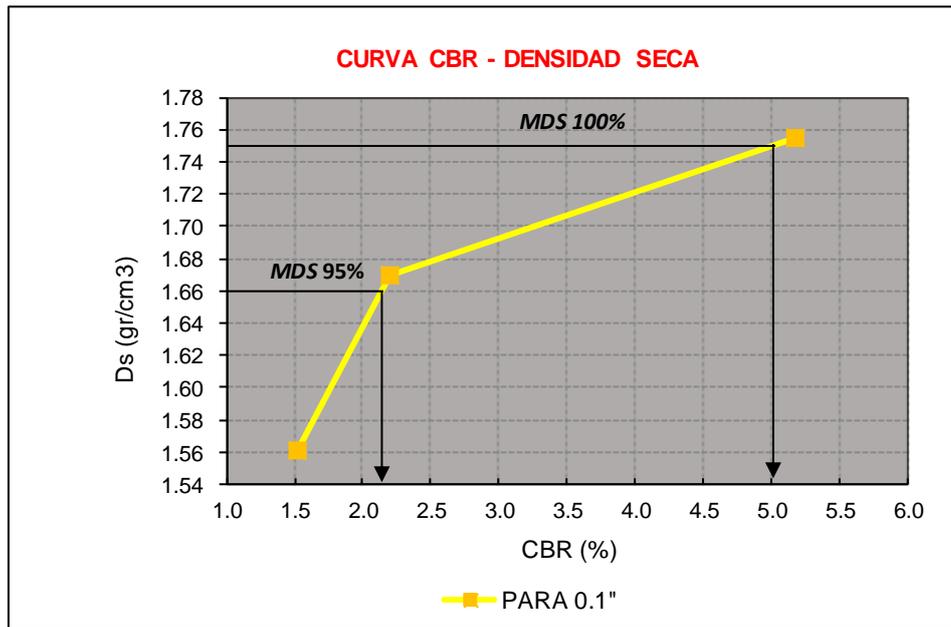
ENSAYO: CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	9.89	7.27	0.51	12.72	9.35	0.66	23.86	17.53	1.23
1.27	0.050	13.46	9.89	0.70	20.90	15.36	1.08	42.52	31.25	2.20
1.91	0.075	17.63	12.96	0.91	26.43	19.42	1.37	56.65	41.63	2.93
2.54	0.100	20.70	15.21	1.07	29.93	21.99	1.55	70.43	51.76	3.64
3.18	0.125	23.03	16.92	1.19	34.56	25.40	1.79	80.12	58.88	4.14
3.81	0.150	25.57	18.79	1.32	38.90	28.59	2.01	89.76	65.96	4.64
5.08	0.200	29.75	21.86	1.54	45.67	33.56	2.36	106.96	78.60	5.53
7.62	0.300	36.54	26.85	1.89	58.50	42.99	3.02	139.35	102.40	7.20
10.16	0.400	44.21	32.49	2.28	71.00	52.17	3.67	171.38	125.94	8.85
12.70	0.500	49.37	36.28	2.55	81.47	59.87	4.21	197.72	145.29	10.22



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	15.21	21.86	21.99	33.56	51.76	78.60
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.52	1.46	2.20	2.24	5.18	5.24

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.52		2.20		5.18	
PENETRACION (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.46		2.24		5.24	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.56		1.67		1.75	





Dsmáx	1.75	gr/cm3	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	<b>2.2%</b>
		CBR(0.2)"	2.3%
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	<b>5.0%</b>
		CBR(0.2)"	5.1%

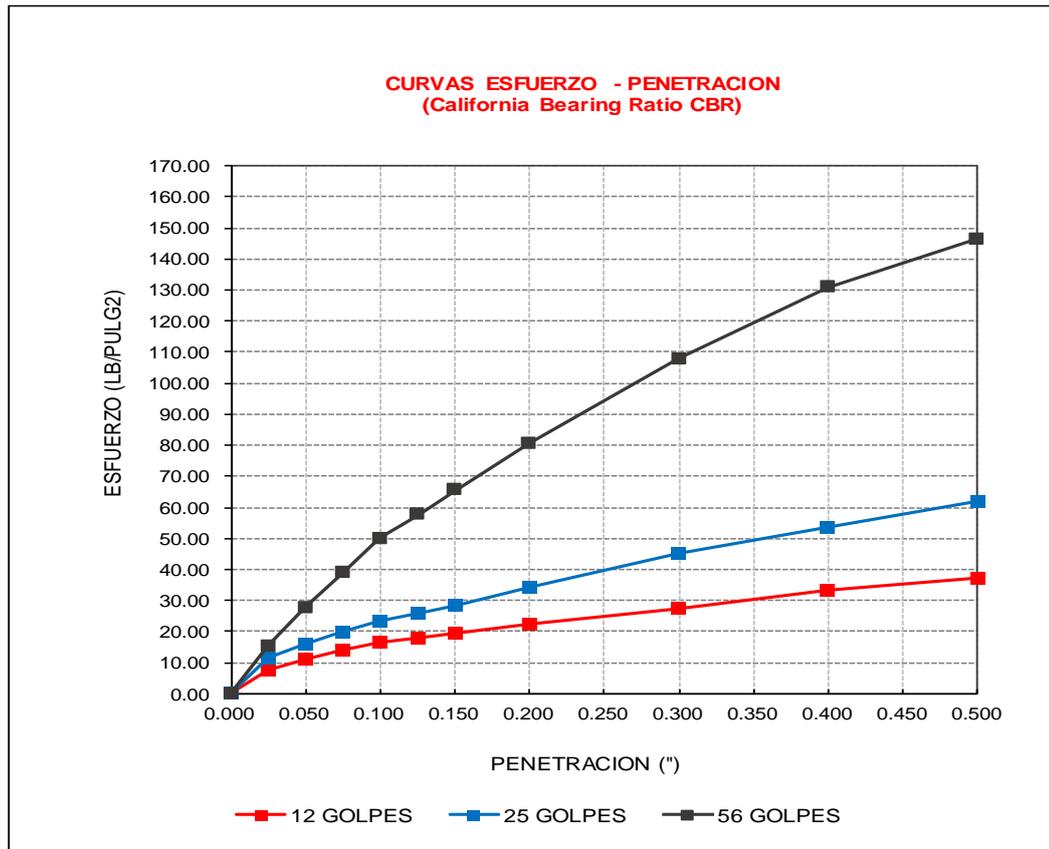
**ANEXO 49: Resultados del ensayo CBR Patrón de la Calicata 3- Est. 1.50m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR PATRÓN
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTMD 420	Muestreo de Suelos		
		ASTMD 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N° Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>							
P. Húm.+ Molde	11060.00	11535.00	11305.00	11730.00	11645.00	11990.00			
Peso Molde (gr)	7085.00	7085.00	7130.00	7130.00	7190.00	7190.00			
Peso Húmedo (gr)	3975.00	4450.00	4175.00	4600.00	4455.00	4800.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.88	1.76	1.94	1.88	2.03			
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	206.83	198.48	198.05	197.46	191.93	202.28	198.72	198.89	194.03
Peso Seco + Tara	178.92	172.59	168.41	173.60	168.15	174.81	178.86	177.94	171.98
Peso Agua (gr)	27.91	25.89	29.64	23.86	23.78	27.47	19.86	20.95	22.05
Peso Tara (gr)	27.32	30.10	27.14	26.65	20.81	28.03	28.35	26.57	26.79
P. Muestra Seca	151.60	142.49	141.27	146.95	147.34	146.78	150.51	151.37	145.19
Cont. Humedad (%)	18.41	18.17	20.98	16.24	16.14	18.72	13.20	13.84	15.19
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>18.29</b>	<b>20.98</b>	<b>16.19</b>	<b>18.72</b>	<b>13.52</b>	<b>15.19</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.42</b>	<b>1.55</b>	<b>1.52</b>	<b>1.64</b>	<b>1.66</b>	<b>1.76</b>			

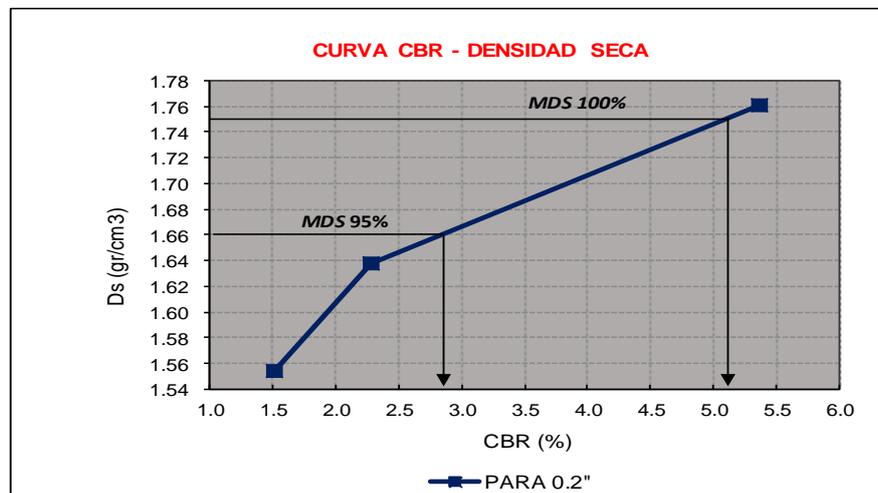
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
ACUMULADO	(Hs)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.		(mm)	(%)
	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
	24	3.880	3.880	3.46	3.210	3.210	2.87	3.110	3.110	2.78
	48	4.740	4.740	4.23	3.665	3.665	3.27	3.710	3.710	3.31
	72	5.790	5.790	5.17	4.790	4.790	4.28	4.890	4.890	4.37
	96	5.900	5.900	5.27	4.810	4.810	4.29	4.900	4.900	4.38

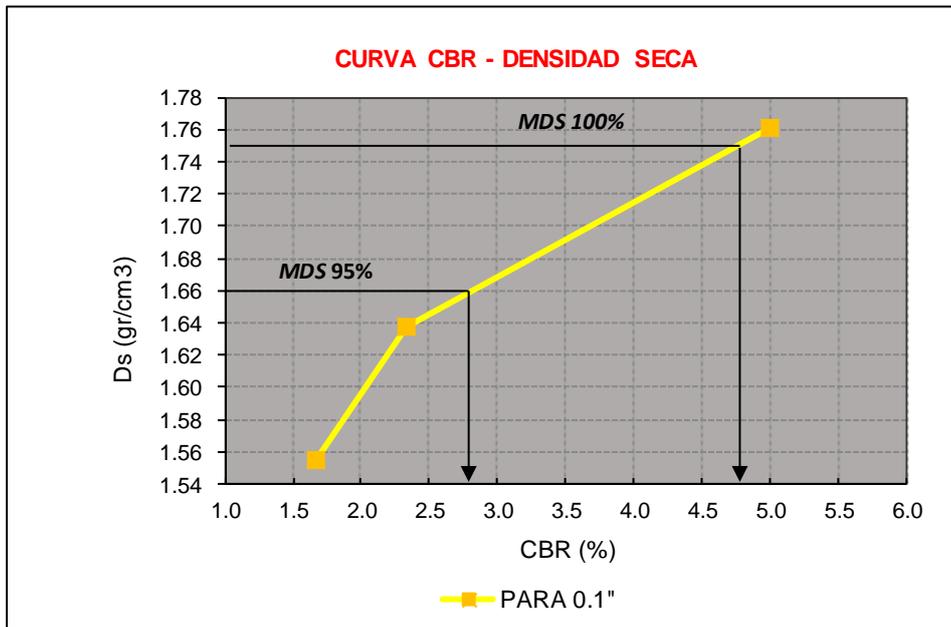
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
PENETRACION		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.63	7.81	0.55	15.40	11.32	0.80	21.10	15.51	1.09
1.27	0.050	14.86	10.92	0.77	21.90	16.09	1.13	37.80	27.78	1.95
1.91	0.075	19.43	14.28	1.00	27.43	20.16	1.42	52.90	38.87	2.73
2.54	0.100	22.70	16.68	1.17	31.73	23.32	1.64	68.08	50.03	3.52
3.18	0.125	24.30	17.86	1.26	35.10	25.79	1.81	78.45	57.65	4.05
3.81	0.150	26.57	19.52	1.37	38.87	28.56	2.01	89.19	65.54	4.61
5.08	0.200	30.73	22.58	1.59	46.67	34.30	2.41	109.70	80.61	5.67
7.62	0.300	37.54	27.59	1.94	61.54	45.22	3.18	146.80	107.88	7.58
10.16	0.400	45.21	33.22	2.34	73.00	53.64	3.77	178.01	130.81	9.20
12.70	0.500	50.82	37.35	2.63	84.47	62.07	4.36	199.13	146.33	10.29



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	16.68	22.58	23.32	34.30	50.03	80.61
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.67	1.51	2.33	2.29	5.00	5.37

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.67		2.33		5.00	
PENETRACION (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.51		2.29		5.37	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.55		1.64		1.76	





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	<b>2.8%</b>
		CBR(0.2)"	2.9%
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	<b>4.7%</b>
		CBR(0.2)"	5.1%

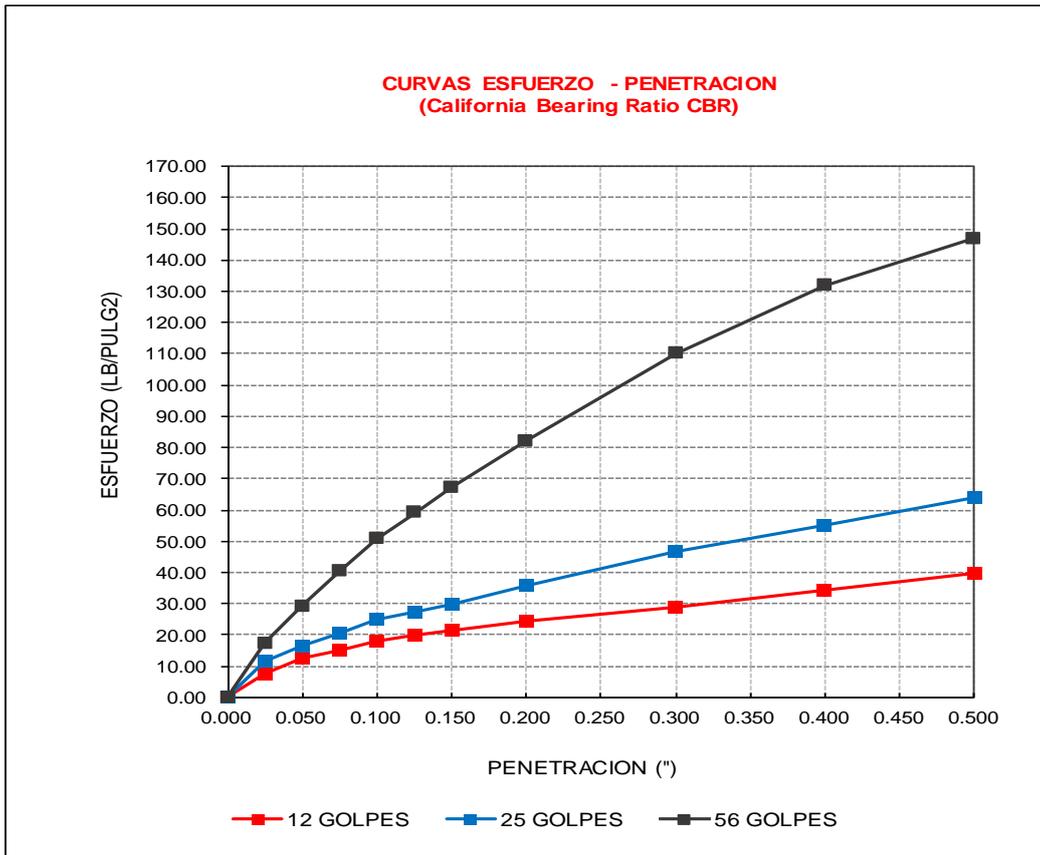
**ANEXO 50: Resultados del ensayo CBR Patrón de la Calicata 3- Est. 1.50m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR PATRÓN
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11055.00		11530.00	11300.00		11725.00	11640.00		11985.00
Peso Molde (gr)	7085.00		7085.00	7130.00		7130.00	7190.00		7190.00
Peso Húmedo (gr)	3970.00		4445.00	4170.00		4595.00	4450.00		4795.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.68		1.88	1.76		1.94	1.88		2.03
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	207.00	199.38	196.05	196.78	192.67	203.71	199.34	197.43	193.03
Peso Seco + Tara	177.65	171.64	168.41	171.24	167.31	175.89	176.45	174.73	169.98
Peso Agua (gr)	29.35	27.74	27.64	25.54	25.36	27.82	22.89	22.70	23.05
Peso Tara (gr)	27.32	30.10	27.14	26.65	20.81	28.03	28.35	26.57	26.79
P. Muestra Seca	150.33	141.54	141.27	144.59	146.50	147.86	148.10	148.16	143.19
Cont. Humedad (%)	19.52	19.60	19.57	17.66	17.31	18.82	15.46	15.32	16.10
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>19.56</b>		<b>19.57</b>	<b>17.49</b>		<b>18.82</b>	<b>15.39</b>		<b>16.10</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.40</b>		<b>1.57</b>	<b>1.50</b>		<b>1.63</b>	<b>1.63</b>		<b>1.75</b>

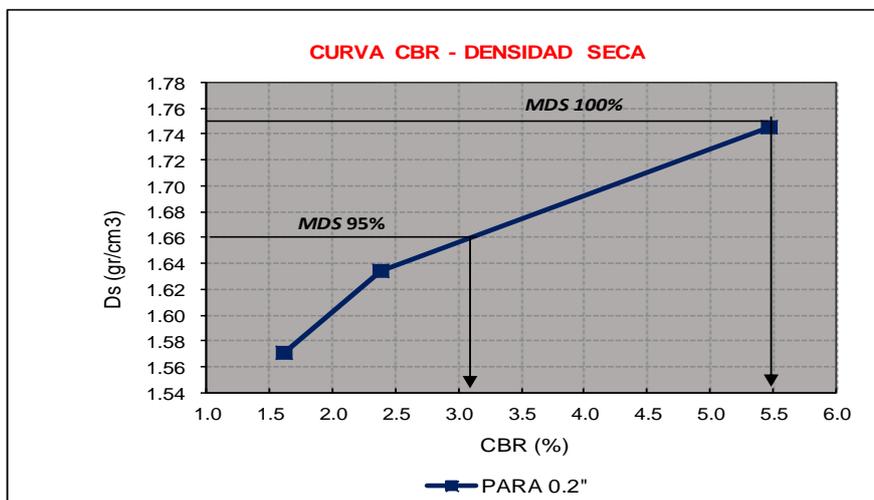
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N°1</b>			<b>MOLDE N°2</b>			<b>MOLDE N°3</b>		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.120	3.120	2.79	3.013	3.013	2.69	3.331	3.331	2.97
48	2	4.430	4.430	3.96	3.716	3.716	3.32	3.453	3.453	3.08
72	3	5.070	5.070	4.53	4.645	4.645	4.15	4.632	4.632	4.14
96	4	5.231	5.231	4.67	4.752	4.752	4.24	4.804	4.804	4.29

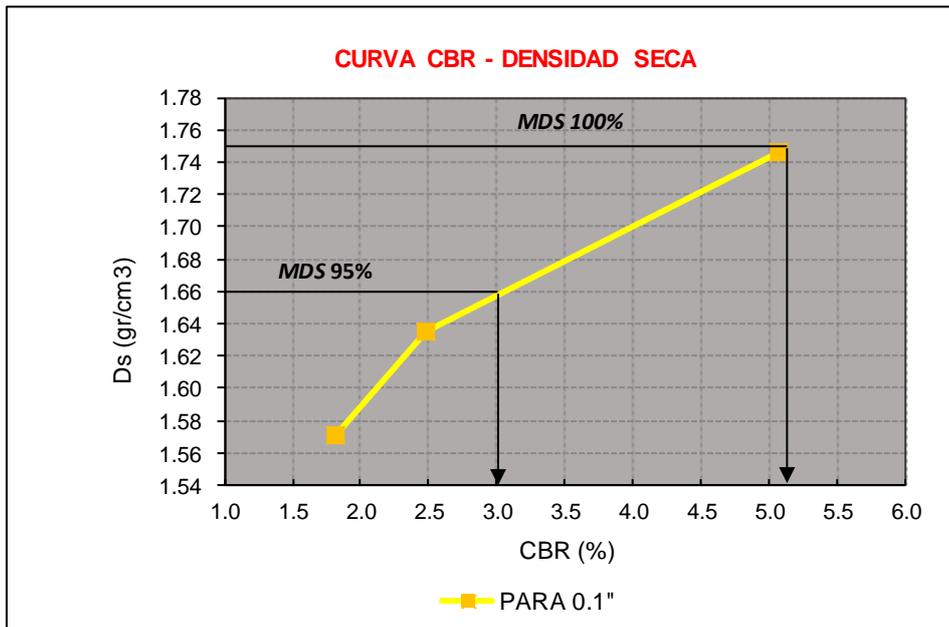
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°1</b>			<b>MOLDE N°2</b>			<b>MOLDE N°3</b>		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.63	7.81	0.55	15.43	11.34	0.80	23.59	17.34	1.22
1.27	0.050	16.86	12.39	0.87	22.76	16.73	1.18	39.74	29.20	2.05
1.91	0.075	20.74	15.24	1.07	27.65	20.32	1.43	54.78	40.26	2.83
2.54	0.100	24.67	18.13	1.27	33.67	24.74	1.74	69.05	50.74	3.57
3.18	0.125	27.10	19.91	1.40	37.02	27.20	1.91	80.54	59.18	4.16
3.81	0.150	29.03	21.33	1.50	40.88	30.04	2.11	91.65	67.35	4.74
5.08	0.200	32.98	24.24	1.70	48.53	35.66	2.51	111.63	82.03	5.77
7.62	0.300	39.59	29.09	2.05	63.65	46.77	3.29	149.87	110.13	7.74
10.16	0.400	46.71	34.32	2.41	74.91	55.05	3.87	179.54	131.93	9.28
12.70	0.500	53.85	39.57	2.78	86.73	63.73	4.48	200.00	146.97	10.33



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	18.13	24.24	24.74	35.66	50.74	82.03
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.81	1.62	2.47	2.38	5.07	5.47

MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.81	2.47	5.07
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.62	2.38	5.47
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.57	1.63	1.75





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	<b>3.0%</b>
		CBR(0.2)"	3.1%
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	<b>5.0%</b>
		CBR(0.2)"	5.5%

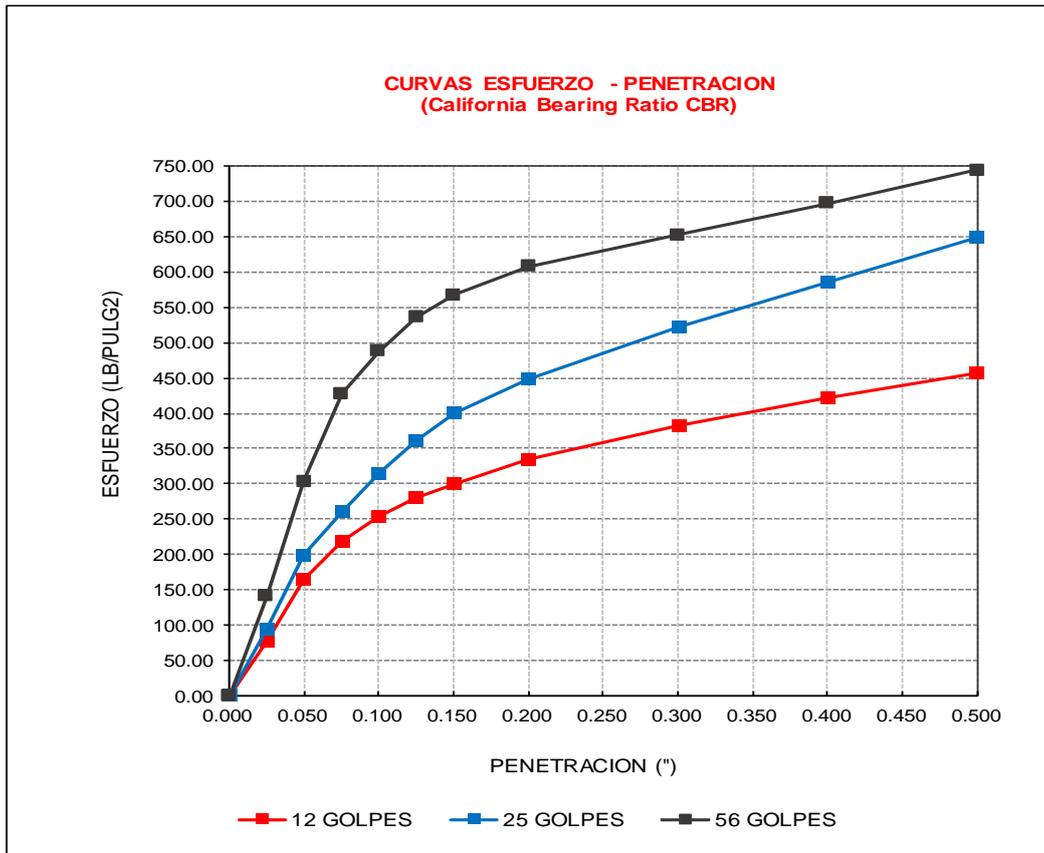
**ANEXO 51: Resultados del ensayo CBR con 2% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 1.50m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	CBR + 2% Cemento
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 2% Cemento Portland tipo I en C3- EST. 1.50m									
ENSAYO: COMPACTACIÓN									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11235.00	11695.00	11385.00	11780.00	11575.00	11925.00			
Peso Molde (gr)	7085.00	7085.00	7130.00	7130.00	7190.00	7190.00			
Peso Húmedo (gr)	4150.00	4610.00	4255.00	4650.00	4385.00	4735.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.75	1.95	1.80	1.97	1.85	2.00			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	196.76	203.23	195.76	204.65	197.43	191.72	197.54	200.11	215.39
Peso Seco + Tara	169.14	174.57	166.45	179.56	172.92	166.98	177.06	179.47	191.62
Peso Agua (gr)	27.62	28.66	29.31	25.09	24.51	24.74	20.48	20.64	23.77
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	26.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	140.02	146.46	139.72	151.98	145.44	139.50	148.37	154.83	162.92
Cont. Humedad (%)	19.73	19.57	20.98	16.51	16.85	17.73	13.80	13.33	14.59
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>19.65</b>	<b>20.98</b>	<b>16.68</b>	<b>17.73</b>	<b>13.57</b>	<b>14.59</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.47</b>	<b>1.61</b>	<b>1.54</b>	<b>1.67</b>	<b>1.63</b>	<b>1.75</b>			

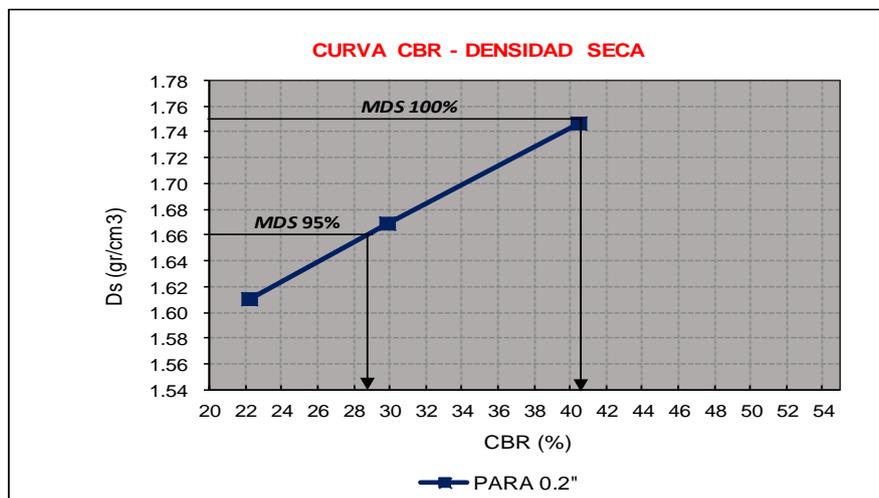
ENSAYO: HINCHAMIENTO										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	1.678	0.000	0.00	6.910	0.000	0.00	7.354	0.000	0.00
24	1	3.023	1.345	1.20	8.479	1.569	1.40	8.916	1.562	1.39
48	2	3.473	1.795	1.60	8.732	1.822	1.63	8.937	1.583	1.41
72	3	3.884	2.206	1.97	8.851	1.941	1.73	8.959	1.605	1.43
96	4	3.995	2.317	2.07	8.923	2.013	1.80	8.982	1.628	1.45

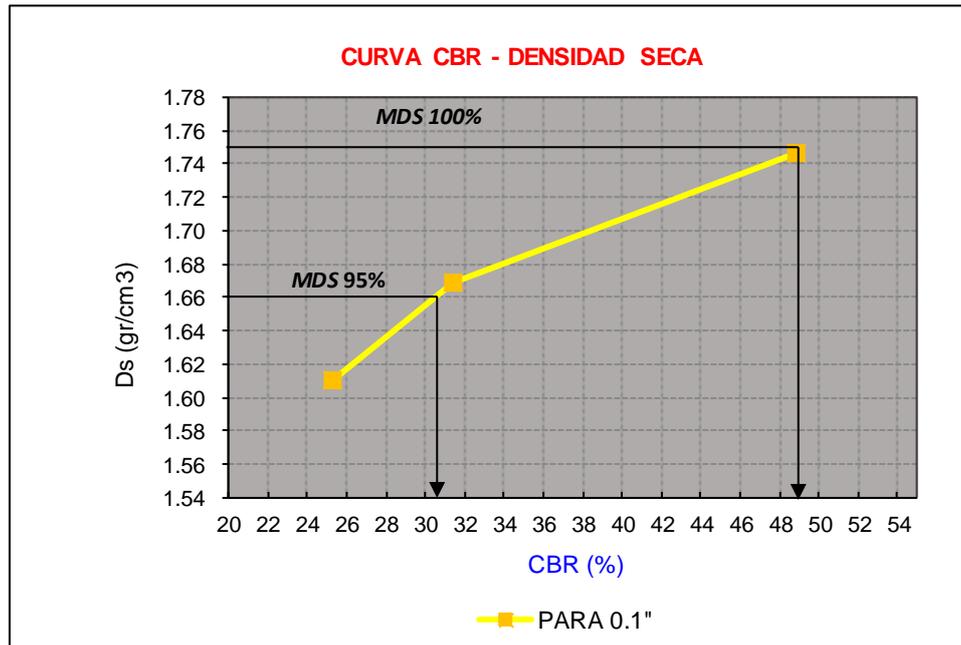
ENSAYO: CARGA - PENETRACION										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	103.96	76.39	5.37	129.55	95.20	6.69	191.22	140.52	9.88
1.27	0.050	224.41	164.91	11.59	270.48	198.76	13.97	413.76	304.05	21.38
1.91	0.075	296.84	218.13	15.34	355.81	261.47	18.38	581.51	427.32	30.04
2.54	0.100	344.81	253.38	17.82	428.14	314.62	22.12	664.28	488.15	34.32
3.18	0.125	380.49	279.60	19.66	490.99	360.80	25.37	729.83	536.31	37.71
3.81	0.150	408.81	300.41	21.12	545.16	400.61	28.17	772.16	567.42	39.89
5.08	0.200	454.00	333.62	23.46	609.52	447.91	31.49	827.42	608.03	42.75
7.62	0.300	520.06	382.17	26.87	709.51	521.38	36.66	887.36	652.08	45.85
10.16	0.400	575.09	422.60	29.71	797.05	585.71	41.18	948.42	696.95	49.00
12.70	0.500	621.31	456.57	32.10	883.72	649.40	45.66	1013.25	744.59	52.35



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	253.38	333.62	314.62	447.91	488.15	608.03
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	25.34	22.24	31.46	29.86	48.81	40.54

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	25.34	31.46	48.81
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	22.24	29.86	40.54
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.61	1.67	1.75





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	30.0%
		CBR(0.2)"	<b>28.0%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	49.0%
		CBR(0.2)"	<b>40.0%</b>

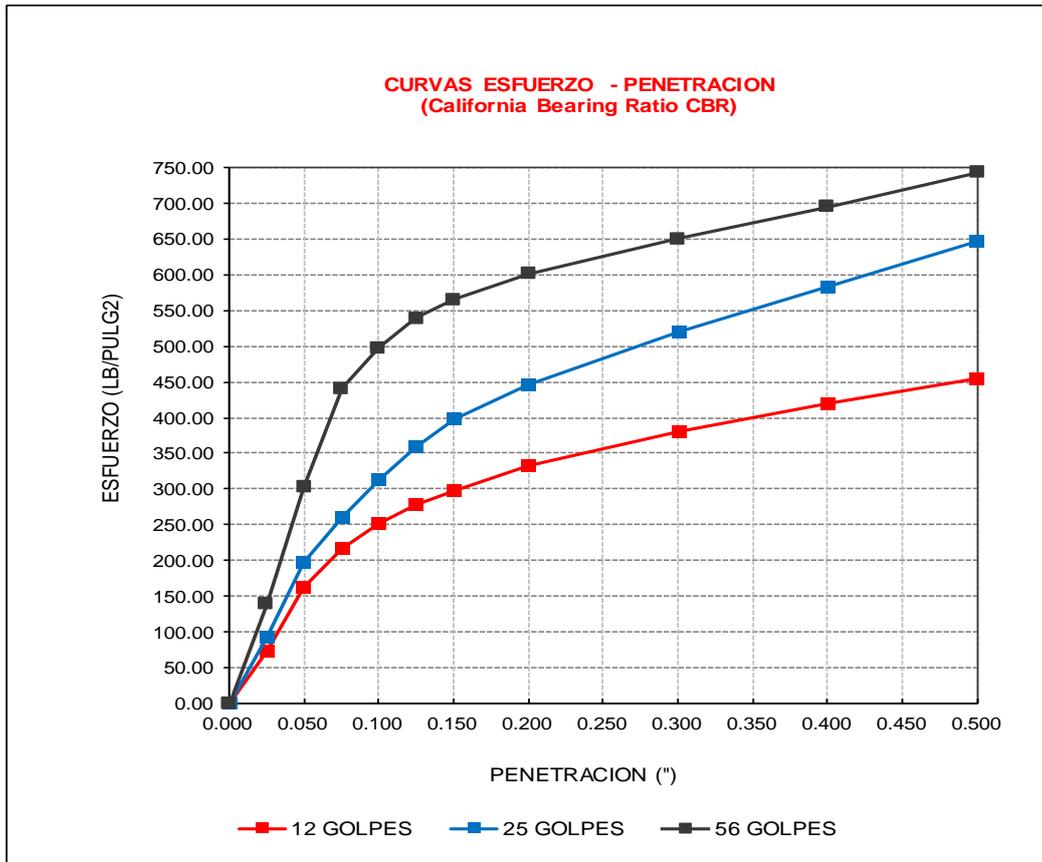
**ANEXO 52: Resultados del ensayo CBR con 2% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 1.50m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR + 2% Cemento Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 2% Cemento Portland tipo I en C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11225.00	11685.00	11375.00	11770.00	11565.00	11915.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3980.00	4440.00	4190.00	4585.00	4315.00	4665.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.88	1.77	1.94	1.82	1.97			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	192.15	199.69	191.60	199.48	193.46	187.65	193.70	195.97	210.59
Peso Seco + Tara	168.94	174.58	166.43	177.07	171.24	164.40	176.38	178.70	190.78
Peso Agua (gr)	23.21	25.11	25.17	22.41	22.22	23.25	17.32	17.27	19.81
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	26.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	139.82	146.47	139.70	149.49	143.76	136.92	147.69	154.06	162.08
Cont. Humedad (%)	16.60	17.14	18.02	14.99	15.46	16.98	11.73	11.21	12.22
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>16.87</b>	<b>18.02</b>	<b>15.22</b>	<b>16.98</b>	<b>11.47</b>	<b>12.22</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.44</b>	<b>1.59</b>	<b>1.54</b>	<b>1.66</b>	<b>1.64</b>	<b>1.76</b>			

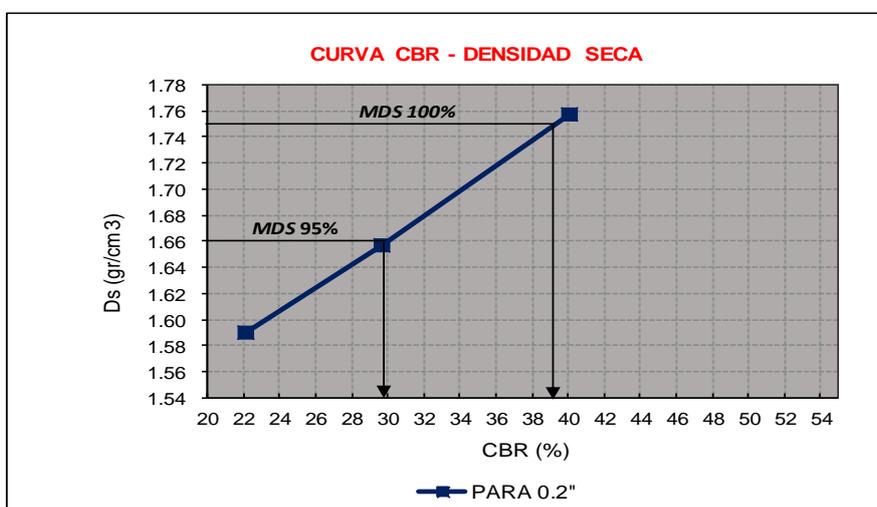
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		
		DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.		(mm)	(%)	DEFORM.
(Hs)	(Días)									
0	0	1.098	0.000	0.00	5.982	0.000	0.00	6.943	0.000	0.00
24	1	2.542	1.444	1.29	8.237	2.255	2.01	8.118	1.175	1.05
48	2	2.747	1.649	1.47	8.410	2.428	2.17	8.331	1.388	1.24
72	3	2.865	1.767	1.58	8.592	2.610	2.33	8.437	1.494	1.33
96	4	2.971	1.873	1.67	8.699	2.717	2.43	8.570	1.627	1.45

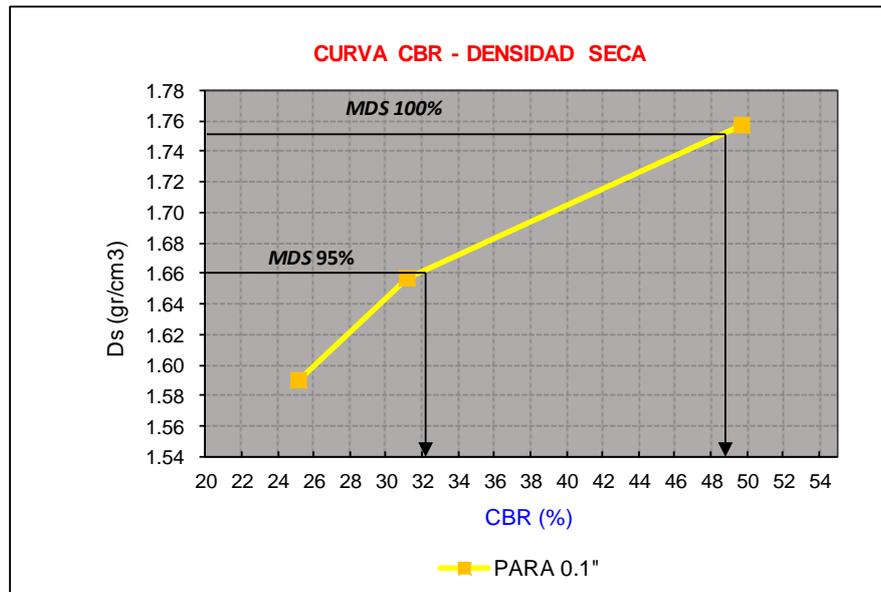
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	100.28	73.69	5.18	126.87	93.23	6.55	188.54	138.55	9.74
1.27	0.050	221.73	162.94	11.46	267.80	196.79	13.84	411.08	302.08	21.24
1.91	0.075	294.16	216.16	15.20	353.13	259.50	18.24	599.83	440.78	30.99
2.54	0.100	342.11	251.40	17.68	424.46	311.91	21.93	676.60	497.20	34.96
3.18	0.125	377.80	277.63	19.52	488.31	358.83	25.23	734.15	539.49	37.93
3.81	0.150	406.12	298.44	20.98	542.48	398.64	28.03	769.48	565.45	39.76
5.08	0.200	451.31	331.64	23.32	606.84	445.94	31.35	817.74	600.92	42.25
7.62	0.300	517.37	380.19	26.73	706.83	519.41	36.52	884.68	650.11	45.71
10.16	0.400	572.40	420.63	29.57	794.37	583.74	41.04	945.74	694.98	48.86
12.70	0.500	618.62	454.59	31.96	881.04	647.43	45.52	1010.57	742.62	52.21



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	251.40	331.64	311.91	445.94	497.20	600.92
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	25.14	22.11	31.19	29.73	49.72	40.06

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	25.14	31.19	49.72
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	22.11	29.73	40.06
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.59	1.66	1.76





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	32.0%
		CBR(0.2)"	<b>30.0%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	48.0%
		CBR(0.2)"	<b>40.0%</b>

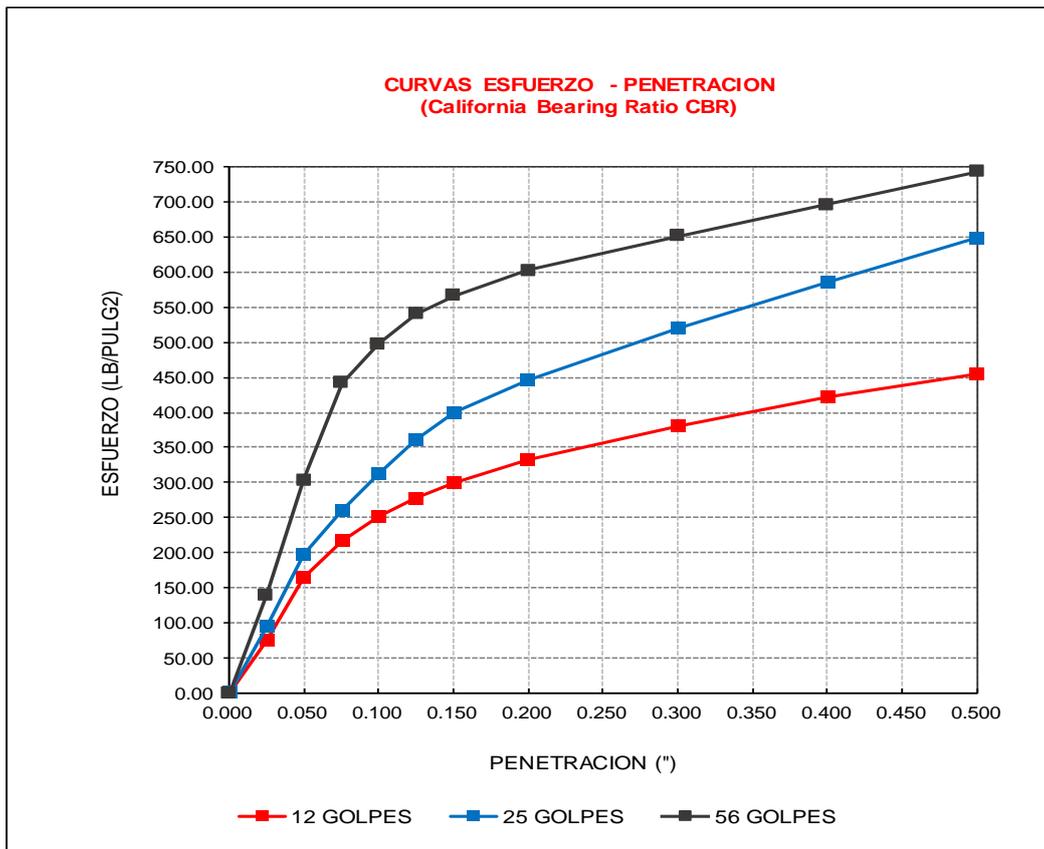
**ANEXO 53: Resultados del ensayo CBR con 2% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 1.50m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 2% Cemento Portland tipo I en C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11230.00	11690.00	11380.00	11775.00	11570.00	11920.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3985.00	4445.00	4195.00	4590.00	4320.00	4670.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.88	1.77	1.94	1.83	1.97			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	194.35	201.89	193.80	201.58	195.56	189.75	195.80	198.07	212.79
Peso Seco + Tara	170.14	175.78	167.63	178.27	172.44	165.20	177.58	179.90	191.98
Peso Agua (gr)	24.21	26.11	26.17	23.31	23.12	24.55	18.22	18.17	20.81
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	26.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	141.02	147.67	140.90	150.69	144.96	137.72	148.89	155.26	163.28
Cont. Humedad (%)	17.17	17.68	18.57	15.47	15.95	17.83	12.24	11.70	12.74
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>17.42</b>	<b>18.57</b>	<b>15.71</b>	<b>17.83</b>	<b>11.97</b>	<b>12.74</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.43</b>	<b>1.58</b>	<b>1.53</b>	<b>1.65</b>	<b>1.63</b>	<b>1.75</b>			

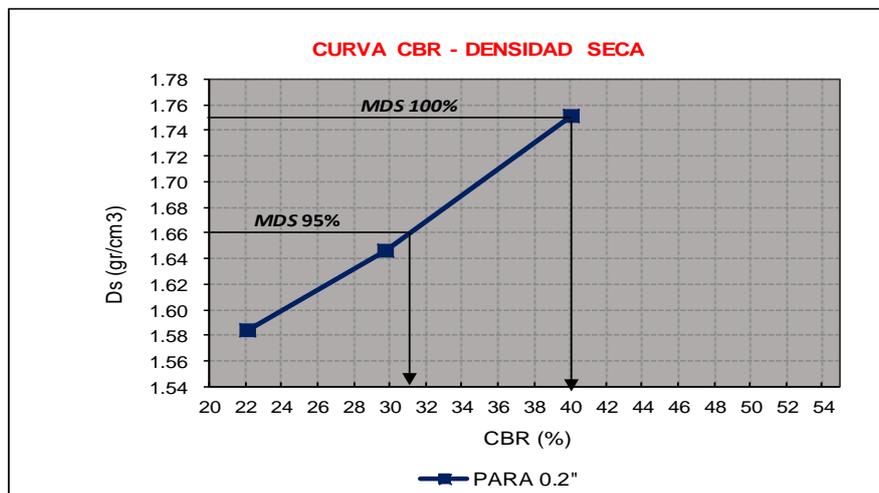
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	1.250	0.000	0.00	6.750	0.000	0.00	7.162	0.000	0.00
24	1	2.970	1.720	1.54	8.611	1.861	1.66	8.830	1.668	1.49
48	2	2.980	1.730	1.54	8.680	1.930	1.72	8.915	1.753	1.57
72	3	2.990	1.740	1.55	8.738	1.988	1.78	8.941	1.779	1.59
96	4	3.000	1.750	1.56	8.763	2.013	1.80	8.967	1.805	1.61

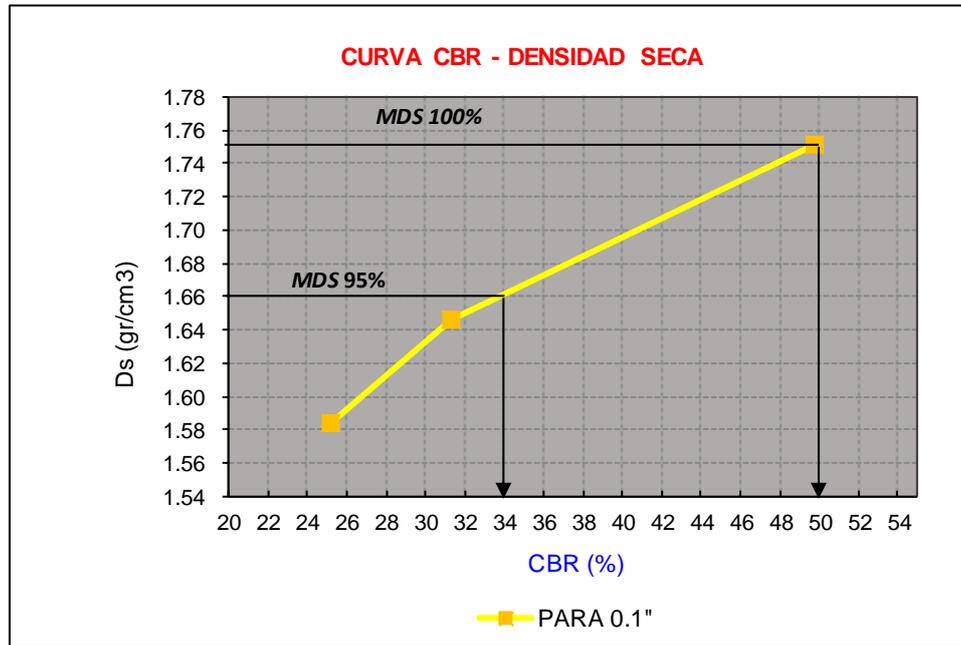
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	101.62	74.68	5.25	128.21	94.21	6.62	189.88	139.53	9.81
1.27	0.050	223.07	163.92	11.53	269.14	197.78	13.91	412.42	303.07	21.31
1.91	0.075	295.50	217.15	15.27	354.47	260.48	18.31	601.17	441.77	31.06
2.54	0.100	343.45	252.38	17.74	425.80	312.90	22.00	677.94	498.18	35.03
3.18	0.125	379.15	278.62	19.59	489.65	359.82	25.30	735.49	540.47	38.00
3.81	0.150	407.47	299.43	21.05	543.82	399.63	28.10	770.82	566.44	39.83
5.08	0.200	452.66	332.64	23.39	608.18	446.92	31.42	819.08	601.90	42.32
7.62	0.300	518.72	381.18	26.80	708.17	520.40	36.59	886.02	651.09	45.78
10.16	0.400	573.75	421.62	29.64	795.71	584.73	41.11	947.08	695.96	48.93
12.70	0.500	619.97	455.58	32.03	882.38	648.42	45.59	1011.91	743.60	52.28



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	252.38	332.64	312.90	446.92	498.18	601.90
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	25.24	22.18	31.29	29.79	49.82	40.13

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	25.24	31.29	49.82
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	22.18	29.79	40.13
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.58	1.65	1.75





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	34.0%
		CBR(0.2)"	<b>31.0%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	50.0%
		CBR(0.2)"	<b>40.0%</b>

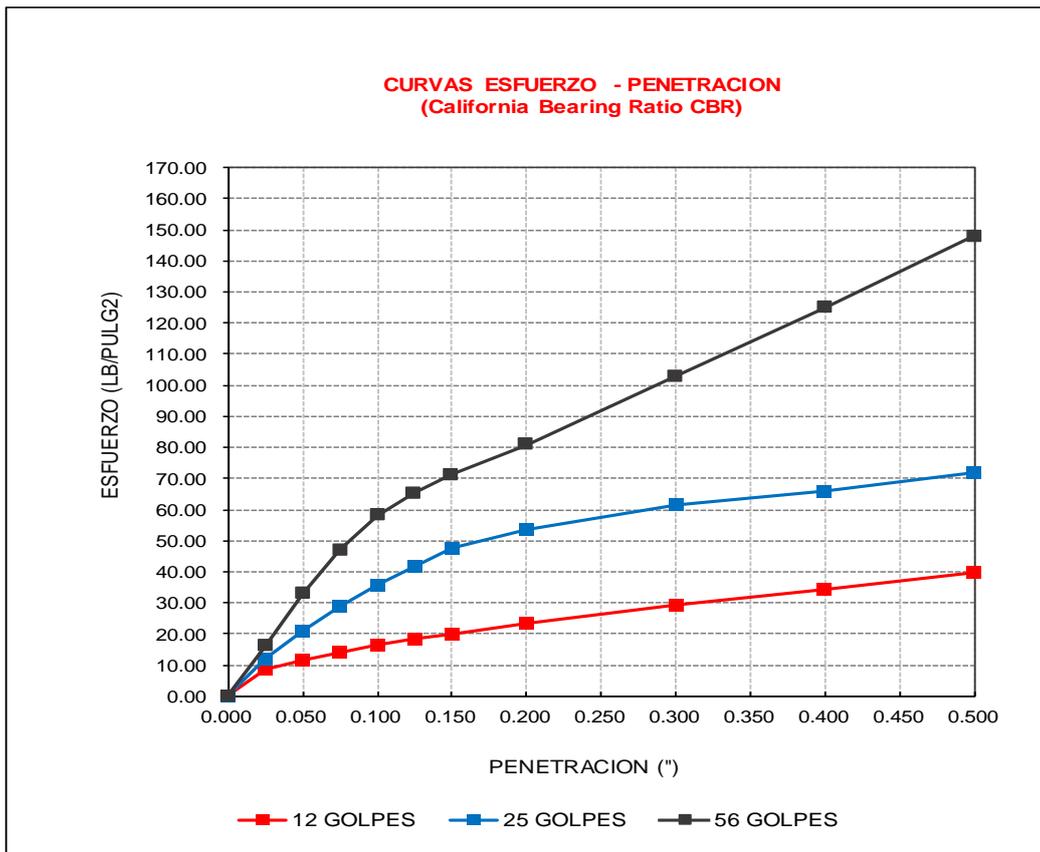
**ANEXO 54: Resultados del ensayo CBR con 2% Cal, de la Calicata 3- Est. 1.50m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 2% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 2% Cal C3- EST. 1.50m</b>										
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>										
<b>MOLDE</b>	<b>4</b>			<b>5</b>			<b>6</b>			
Nº Capas	5			5			5			
NºGolg x Capa	12			25			56			
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>							
P. Húm.+ Molde	11240.00	11695.00	11410.00	11880.00	11645.00	11975.00				
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00				
Peso Húmedo (gr)	3995.00	4450.00	4225.00	4695.00	4395.00	4725.00				
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89				
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.69	1.88	1.79	1.98	1.86	2.00				
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>	
P.Húmedo + Tara	185.10	196.68	203.45	191.30	197.17	202.80	196.33	189.94	202.01	
Peso Seco + Tara	161.15	171.39	174.47	167.84	172.76	176.06	176.18	171.05	180.66	
Peso Agua (gr)	23.95	25.29	28.98	23.46	24.41	26.74	20.15	18.89	21.35	
Peso Tara (gr)	28.65	27.63	28.70	26.92	27.50	27.45	27.41	28.78	28.41	
P. Muestra Seca	132.50	143.76	145.77	140.92	145.26	148.61	148.77	142.27	152.25	
Cont. Humedad (%)	18.08	17.59	19.88	16.65	16.80	17.99	13.54	13.28	14.02	
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>17.83</b>		<b>19.88</b>		<b>16.73</b>		<b>17.99</b>		<b>13.41</b>	<b>14.02</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.43</b>		<b>1.57</b>		<b>1.53</b>		<b>1.68</b>		<b>1.64</b>	<b>1.75</b>

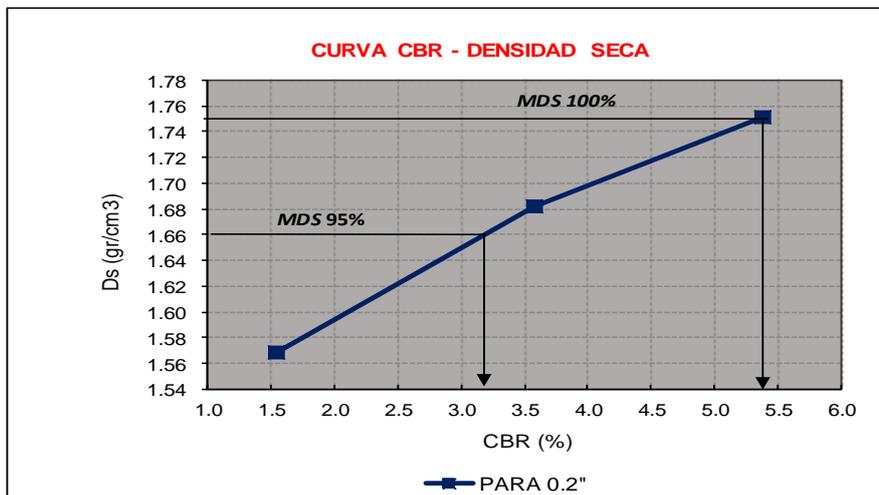
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>ACUMULADO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	8.915	0.000	0.00	10.290	0.000	0.00	3.430	3.430	3.06
24	1	11.836	2.921	2.61	12.770	2.480	2.21	6.100	2.670	2.38
48	2	12.116	3.201	2.86	13.860	3.570	3.19	7.470	4.040	3.61
72	3	12.180	3.265	2.92	14.050	3.760	3.36	7.734	4.304	3.84
96	4	12.243	3.328	2.97	14.140	3.850	3.44	7.960	4.530	4.04

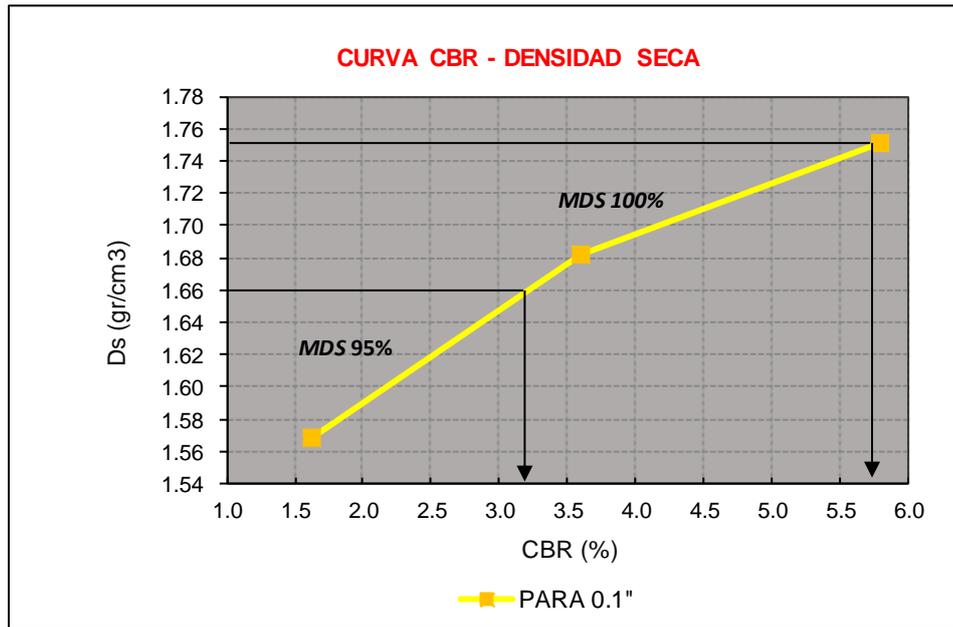
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>	<b>Lb/pulg<sup>2</sup></b>	<b>kg/cm<sup>2</sup></b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.56	8.49	0.60	16.52	12.14	0.85	21.91	16.10	1.13
1.27	0.050	15.48	11.38	0.80	28.25	20.76	1.46	45.00	33.07	2.32
1.91	0.075	19.10	14.04	0.99	39.00	28.66	2.01	64.00	47.03	3.31
2.54	0.100	22.18	16.30	1.15	49.00	36.01	2.53	79.00	58.05	4.08
3.18	0.125	25.01	18.38	1.29	57.00	41.89	2.94	89.00	65.40	4.60
3.81	0.150	26.98	19.83	1.39	65.00	47.77	3.36	97.00	71.28	5.01
5.08	0.200	31.56	23.19	1.63	73.00	53.64	3.77	110.00	80.83	5.68
7.62	0.300	39.98	29.38	2.07	84.00	61.73	4.34	140.00	102.88	7.23
10.16	0.400	46.63	34.27	2.41	90.00	66.14	4.65	170.00	124.92	8.78
12.70	0.500	54.12	39.77	2.80	98.00	72.02	5.06	201.17	147.83	10.39



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	16.30	23.19	36.01	53.64	58.05	80.83
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.63	1.55	3.60	3.58	5.81	5.39

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.63	3.60	5.81
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.55	3.58	5.39
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.57	1.68	1.75





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	3.2%
		CBR(0.2)"	<b>3.2%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	5.8%
		CBR(0.2)"	<b>5.4%</b>

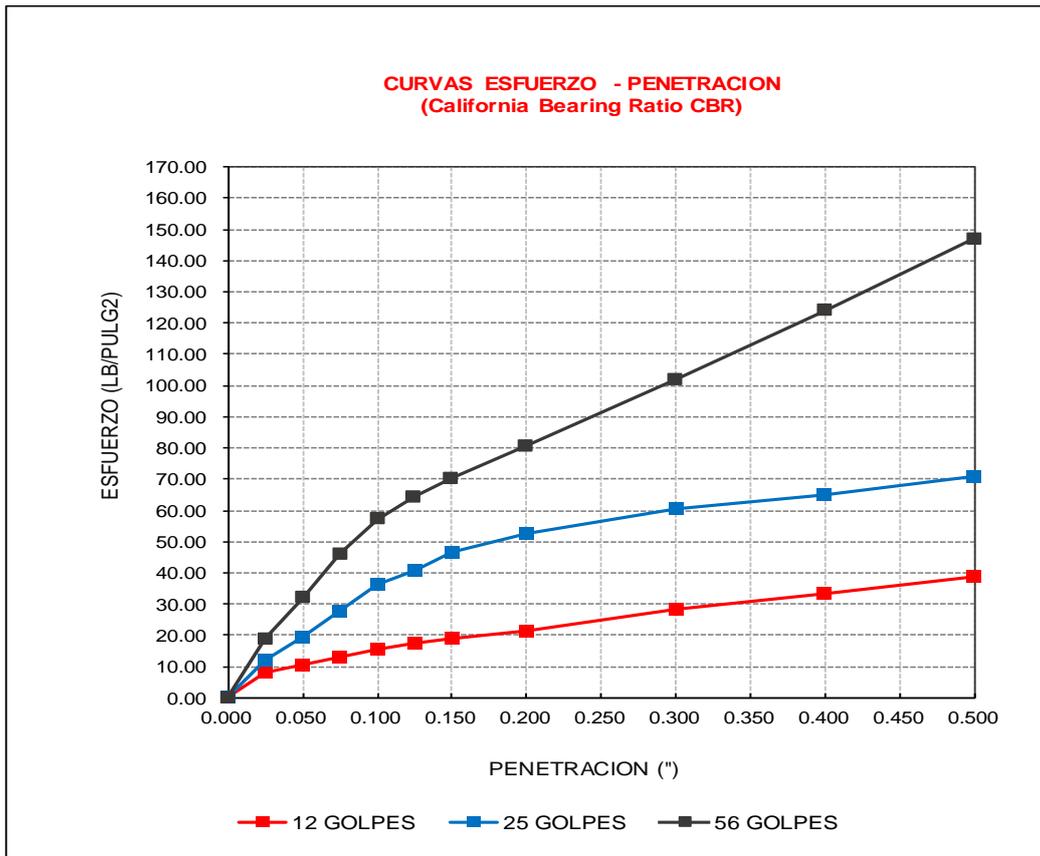
**ANEXO 55: Resultados del ensayo CBR con 2% Cal, de la Calicata 3- Est. 1.50m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	CBR + 2% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 2% Cal C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>4</b>			<b>5</b>			<b>6</b>		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11235.00	11695.00	11405.00	11875.00	11640.00	11970.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3990.00	4450.00	4220.00	4690.00	4390.00	4720.00			
Vol. Molde (cm³)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm³)	1.69	1.88	1.78	1.98	1.86	2.00			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	187.30	198.88	189.74	192.50	199.37	205.10	198.53	192.14	204.21
Peso Seco + Tara	162.35	173.49	162.94	168.59	173.73	177.26	178.85	173.49	184.20
Peso Agua (gr)	24.95	25.39	26.80	23.91	25.64	27.84	19.68	18.65	20.01
Peso Tara (gr)	28.65	27.63	28.70	26.92	27.50	27.45	27.41	28.78	28.41
P. Muestra Seca	133.70	145.86	134.24	141.67	146.23	149.81	151.44	144.71	155.79
Cont. Humedad (%)	18.66	17.41	19.96	16.88	17.53	18.58	13.00	12.89	12.84
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>18.03</b>	<b>19.96</b>	<b>17.21</b>	<b>18.58</b>	<b>12.94</b>	<b>12.84</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.43</b>	<b>1.57</b>	<b>1.52</b>	<b>1.67</b>	<b>1.64</b>	<b>1.77</b>			

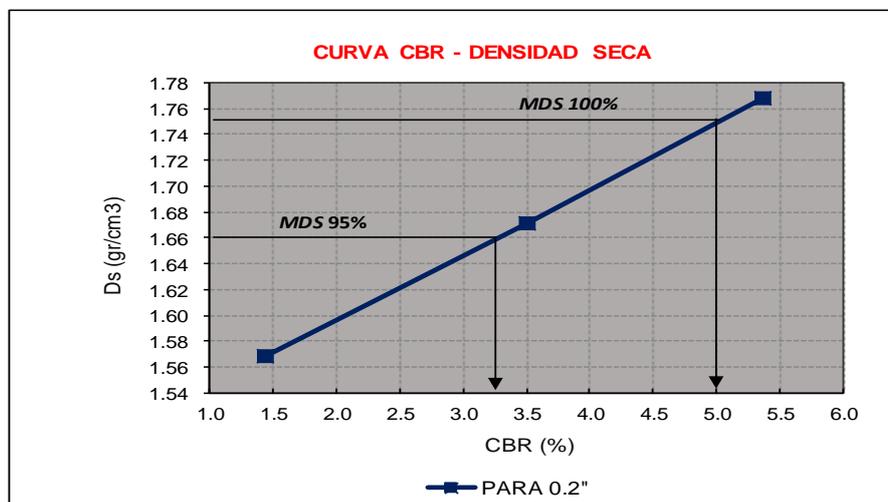
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>											
<b>TIEMPO</b>		<b>MOLDE Nº4</b>			<b>MOLDE Nº5</b>			<b>MOLDE Nº6</b>			
<b>ACUMULADO</b>	<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>		<b>LECTURA</b>		<b>LECTURA</b>		<b>LECTURA</b>		
			<b>DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
			<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>(%)</b>	
0	0		9.165	0.000	0.00	10.540	0.000	0.00	3.680	3.680	3.29
24	1		12.086	2.921	2.61	13.020	2.480	2.21	6.350	2.670	2.38
48	2		12.366	3.201	2.86	14.110	3.570	3.19	7.720	4.040	3.61
72	3		12.430	3.265	2.92	14.300	3.760	3.36	7.984	4.304	3.84
96	4		12.493	3.328	2.97	14.390	3.850	3.44	8.210	4.530	4.04

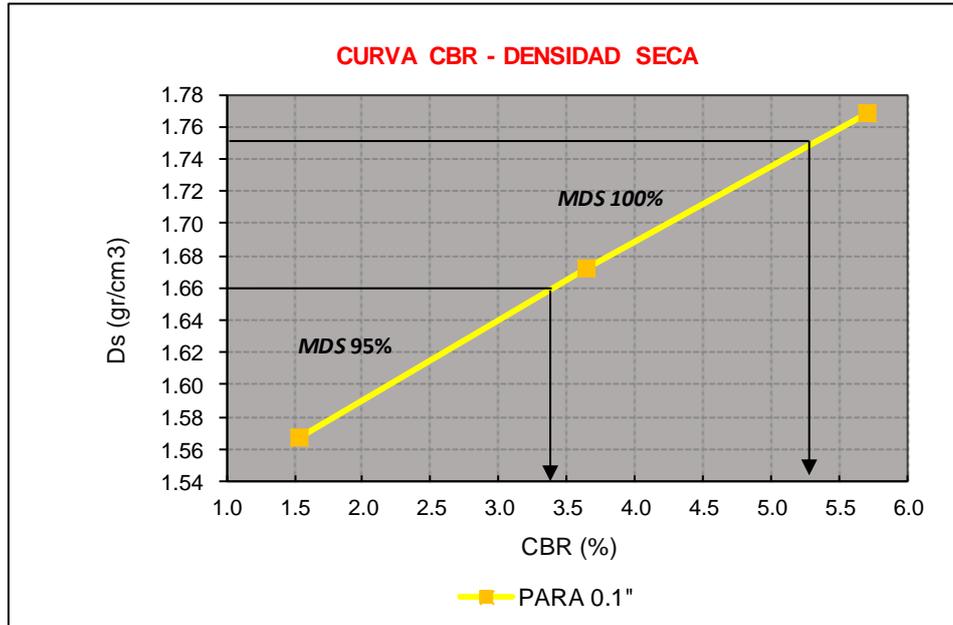
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE Nº4</b>			<b>MOLDE Nº5</b>			<b>MOLDE Nº6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
			<b>kg/cm²</b>	<b>Lb/pulg²</b>		<b>kg/cm²</b>	<b>kg/cm²</b>		<b>Lb/pulg²</b>	<b>kg/cm²</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.94	8.04	0.57	16.17	11.88	0.84	25.56	18.78	1.32
1.27	0.050	14.13	10.38	0.73	26.65	19.58	1.38	43.65	32.08	2.26
1.91	0.075	17.75	13.04	0.92	37.65	27.67	1.95	62.65	46.04	3.24
2.54	0.100	20.83	15.31	1.08	49.65	36.49	2.57	77.65	57.06	4.01
3.18	0.125	23.66	17.39	1.22	55.65	40.89	2.88	87.65	64.41	4.53
3.81	0.150	25.63	18.83	1.32	63.65	46.77	3.29	95.65	70.29	4.94
5.08	0.200	29.21	21.46	1.51	71.65	52.65	3.70	109.65	80.58	5.67
7.62	0.300	38.63	28.39	2.00	82.65	60.74	4.27	138.65	101.89	7.16
10.16	0.400	45.28	33.27	2.34	88.65	65.14	4.58	168.65	123.93	8.71
12.70	0.500	52.77	38.78	2.73	96.65	71.02	4.99	199.82	146.84	10.32



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	15.31	21.46	36.49	52.65	57.06	80.58
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.53	1.43	3.65	3.51	5.71	5.37

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.53	3.65	5.71
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.43	3.51	5.37
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.57	1.67	1.77





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	3.4%
		CBR(0.2)"	<b>3.3%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	5.3%
		CBR(0.2)"	<b>5.0%</b>

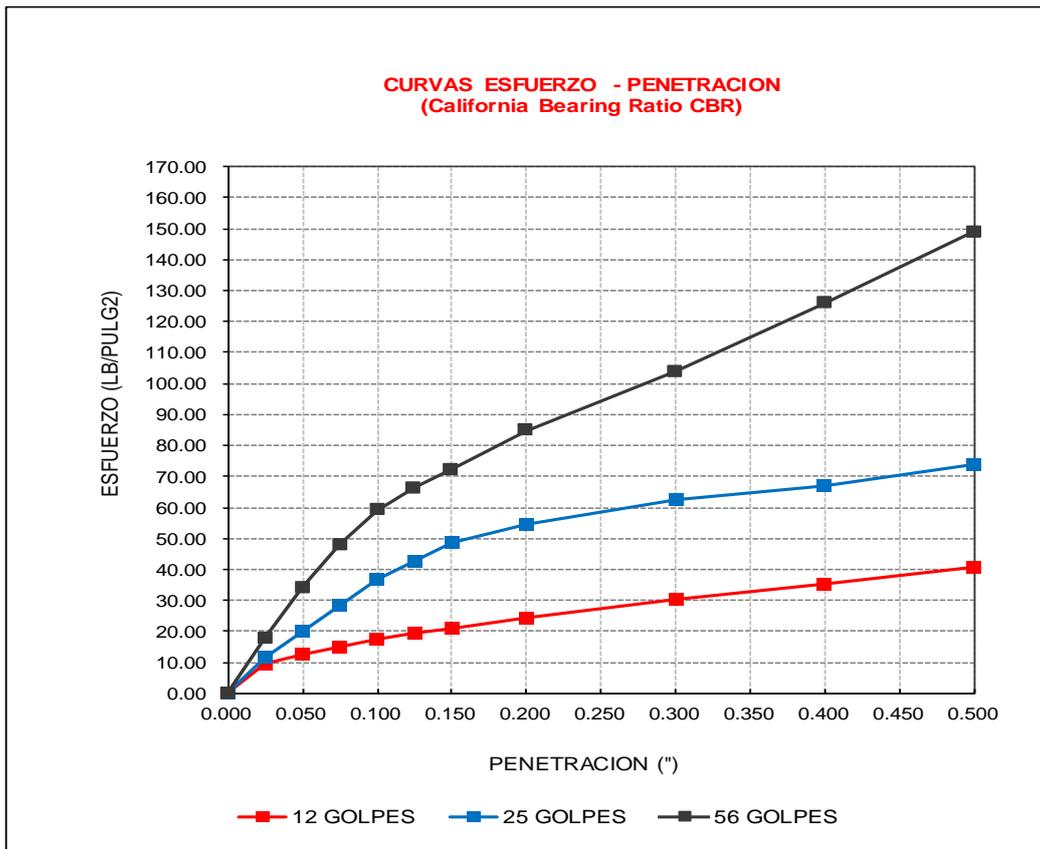
**ANEXO 56: Resultados del ensayo CBR con 2% Cal, de la Calicata 3- Est. 1.50m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR + 2% Cal	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 2% Cal C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>4</b>			<b>5</b>			<b>6</b>		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>							
P. Húm.+ Molde	11235.00	11690.00	11405.00	11875.00	11640.00	11970.00			
Peso Molde (gr)	7085.00	7085.00	7130.00	7130.00	7190.00	7190.00			
Peso Húmedo (gr)	4150.00	4605.00	4275.00	4745.00	4450.00	4780.00			
Vol. Molde (cm3)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm3)	1.75	1.95	1.81	2.01	1.88	2.02			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	182.90	194.48	201.25	189.10	194.97	200.60	193.13	187.62	203.21
Peso Seco + Tara	155.05	165.29	166.97	164.52	169.56	171.86	173.88	167.95	181.63
Peso Agua (gr)	27.85	29.19	34.28	24.58	25.41	28.74	19.25	19.67	21.58
Peso Tara (gr)	28.65	27.63	28.70	26.92	27.50	27.45	27.41	28.78	28.41
P. Muestra Seca	126.40	137.66	138.27	137.60	142.06	144.41	146.47	139.17	153.22
Cont. Humedad (%)	22.03	21.20	24.79	17.86	17.89	19.90	13.14	14.13	14.08
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>21.62</b>	<b>24.79</b>	<b>17.88</b>	<b>19.90</b>	<b>13.64</b>	<b>14.08</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.44</b>	<b>1.56</b>	<b>1.53</b>	<b>1.67</b>	<b>1.66</b>	<b>1.77</b>			

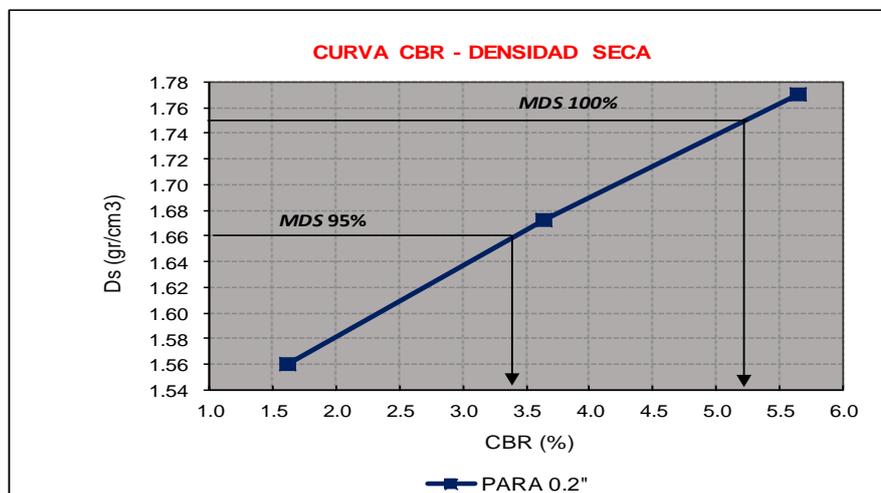
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA DEFORM.</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
			<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>		<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>		<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	8.665	0.000	0.00	10.040	0.000	0.00	3.180	3.180	2.84
24	1	11.586	2.921	2.61	12.520	2.480	2.21	5.850	2.670	2.38
48	2	11.866	3.201	2.86	13.610	3.570	3.19	7.220	4.040	3.61
72	3	11.930	3.265	2.92	13.800	3.760	3.36	7.484	4.304	3.84
96	4	11.993	3.328	2.97	13.890	3.850	3.44	7.710	4.530	4.04

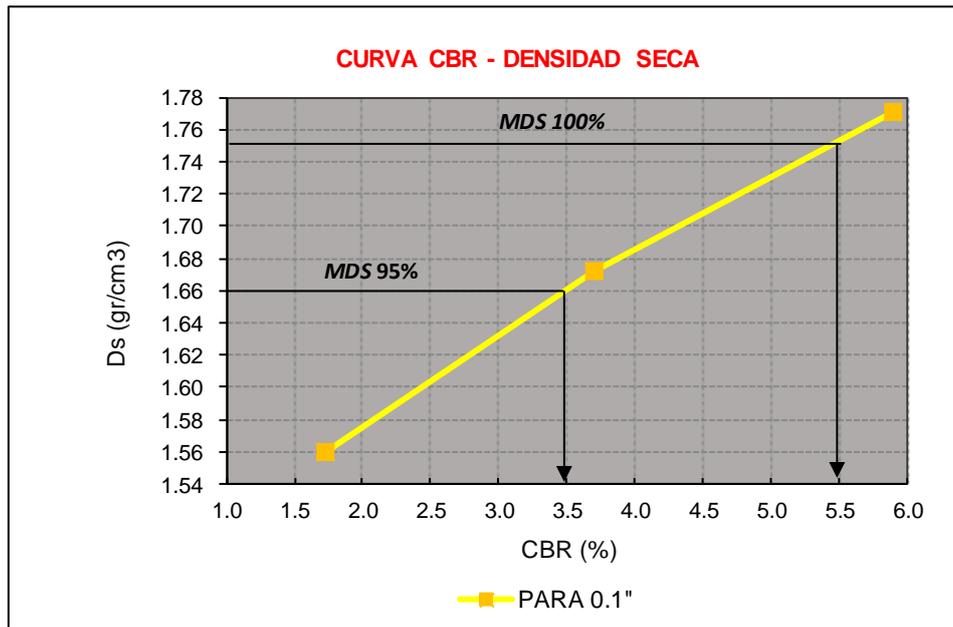
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA kg/cm2</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA kg/cm2</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA kg/cm2</b>	<b>ESFUERZO</b>	
			<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>		<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>		<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	12.90	9.48	0.67	15.86	11.65	0.82	24.26	17.83	1.25
1.27	0.050	16.82	12.36	0.87	27.30	20.06	1.41	46.35	34.06	2.39
1.91	0.075	20.44	15.02	1.06	38.34	28.17	1.98	65.35	48.02	3.38
2.54	0.100	23.52	17.28	1.22	50.34	36.99	2.60	80.35	59.05	4.15
3.18	0.125	26.35	19.36	1.36	58.34	42.87	3.01	90.34	66.39	4.67
3.81	0.150	28.33	20.82	1.46	66.34	48.75	3.43	98.35	72.27	5.08
5.08	0.200	32.90	24.18	1.70	74.34	54.63	3.84	115.35	84.76	5.96
7.62	0.300	41.32	30.36	2.13	85.35	62.72	4.41	141.35	103.87	7.30
10.16	0.400	47.97	35.25	2.48	91.35	67.13	4.72	171.35	125.92	8.85
12.70	0.500	55.46	40.75	2.87	100.35	73.74	5.18	202.52	148.82	10.46



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	17.28	24.18	36.99	54.63	59.05	84.76
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.73	1.61	3.70	3.64	5.90	5.65

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.73	3.70	5.90
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.61	3.64	5.65
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.56	1.67	1.77





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	3.5%
		CBR(0.2)"	<b>3.4%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	5.5%
		CBR(0.2)"	<b>5.3%</b>

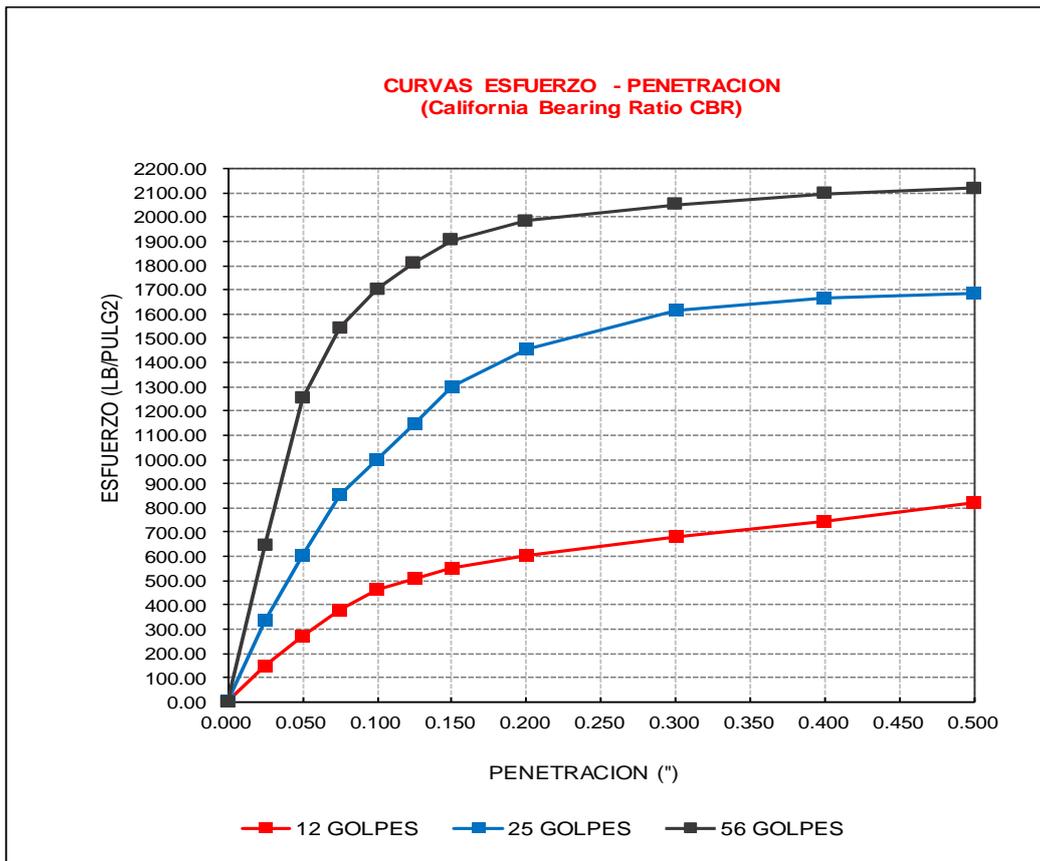
**ANEXO 57: Resultados del ensayo CBR con 4% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 1.50m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 4% Cemento
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 4% Cemento Portland tipo I en C3- EST. 1.50m</b>										
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>										
MOLDE	1			2			3			
Nº Capas	5			5			5			
NºGolp x Capa	12			25			56			
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES	ANTES DE EMPAPAR	DESPUES		
P. Húm.+ Molde	11165.00	11530.00	11550.00	11805.00	11765.00	11985.00				
Peso Molde (gr)	7085.00	7085.00	7130.00	7130.00	7190.00	7190.00				
Peso Húmedo (gr)	4080.00	4445.00	4420.00	4675.00	4575.00	4795.00				
Vol. Molde (cm3)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89				
Densidad H.(gr/cm3)	1.72	1.88	1.87	1.98	1.93	2.03				
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C	
P.Húmedo + Tara	201.56	205.05	198.49	198.00	193.66	203.65	200.97	205.67	197.94	
Peso Seco + Tara	181.30	185.42	177.46	179.25	175.04	181.30	183.09	186.38	178.22	
Peso Agua (gr)	20.26	19.63	21.03	18.75	18.62	22.35	17.88	19.29	19.72	
Peso Tara (gr)	27.78	27.76	27.66	28.52	27.74	28.25	28.59	26.57	28.00	
P. Muestra Seca	153.52	157.66	149.80	150.73	147.30	153.05	154.50	159.81	150.22	
Cont. Humedad (%)	13.20	12.45	14.04	12.44	12.64	14.60	11.57	12.07	13.13	
Cont.Hum.Prom.	12.82		14.04		12.54		14.60		11.82	
DENSIDAD SECA	1.53		1.647		1.66		1.72		1.73	

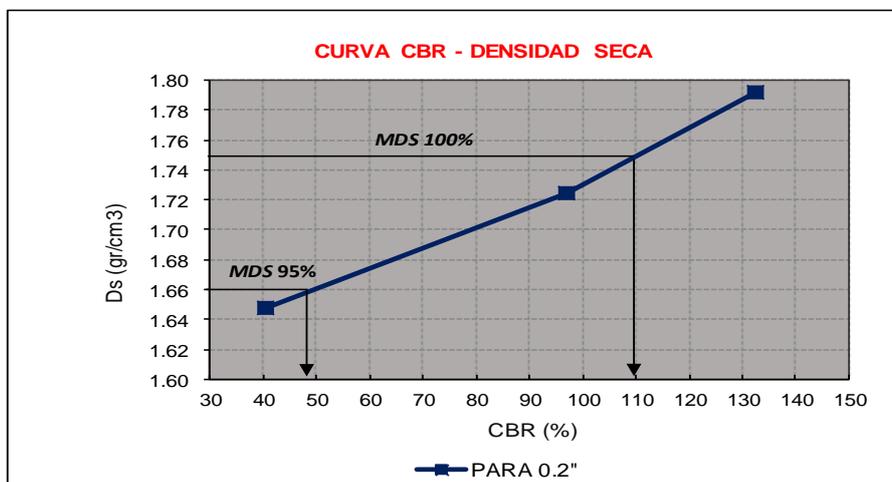
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
ACUMULADO	(Hs)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.		(mm)	(%)
0	0	2.980	0.000	0.00	10.010	0.000	0.00	14.910	0.000	0.00
24	1	3.000	0.020	0.02	10.460	0.450	0.40	15.440	0.530	0.47
48	2	3.010	0.030	0.03	10.480	0.470	0.42	15.470	0.560	0.50
72	3	3.010	0.030	0.03	10.490	0.480	0.43	15.490	0.580	0.52
96	4	3.020	0.040	0.04	10.510	0.500	0.45	15.520	0.610	0.54

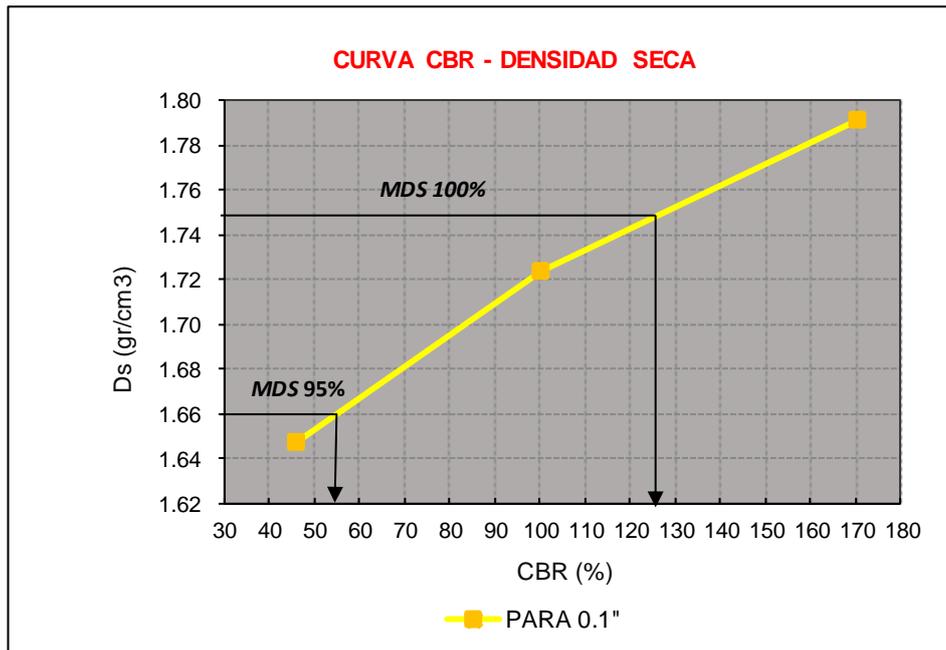
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
PENETRACION		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg	Lb/pulg2		kg/cm2	Lb/pulg2		kg/cm2	Lb/pulg2
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	202.89	149.09	10.48	457.34	336.08	23.63	881.65	647.88	45.55
1.27	0.050	371.43	272.94	19.19	824.34	605.77	42.59	1701.34	1250.23	87.90
1.91	0.075	515.65	378.92	26.64	1165.34	856.35	60.21	2101.34	1544.17	108.57
2.54	0.100	629.63	462.68	32.53	1365.58	1003.49	70.55	2319.34	1704.36	119.83
3.18	0.125	695.35	510.98	35.93	1565.66	1150.52	80.89	2466.34	1812.39	127.43
3.81	0.150	752.34	552.86	38.87	1774.54	1304.02	91.68	2591.34	1904.24	133.88
5.08	0.200	821.79	603.89	42.46	1977.40	1453.09	102.16	2701.34	1985.08	139.57
7.62	0.300	926.21	680.62	47.85	2194.34	1612.51	113.37	2791.34	2051.21	144.22
10.16	0.400	1016.16	746.72	52.50	2271.34	1669.09	117.35	2854.34	2097.51	147.47
12.70	0.500	1117.90	821.49	57.76	2291.34	1683.79	118.38	2881.34	2117.35	148.87



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	462.68	603.89	1003.49	1453.09	1704.36	1985.08
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	46.27	40.26	100.35	96.87	170.44	132.34

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	46.27	100.35	170.44
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	40.26	96.87	132.34
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.65	1.72	1.79





Dsmáx	1.75	gr/cm3	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	55.0%
		CBR(0.2)"	<b>49.0%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	125.0%
		CBR(0.2)"	<b>110.0%</b>

**ANEXO 58: Resultados del ensayo CBR con 4% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 1.50m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 4% Cemento
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

**CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 4% Cemento Portland tipo I en C3- EST. 1.50m**

**ENSAYO: COMPACTACION**

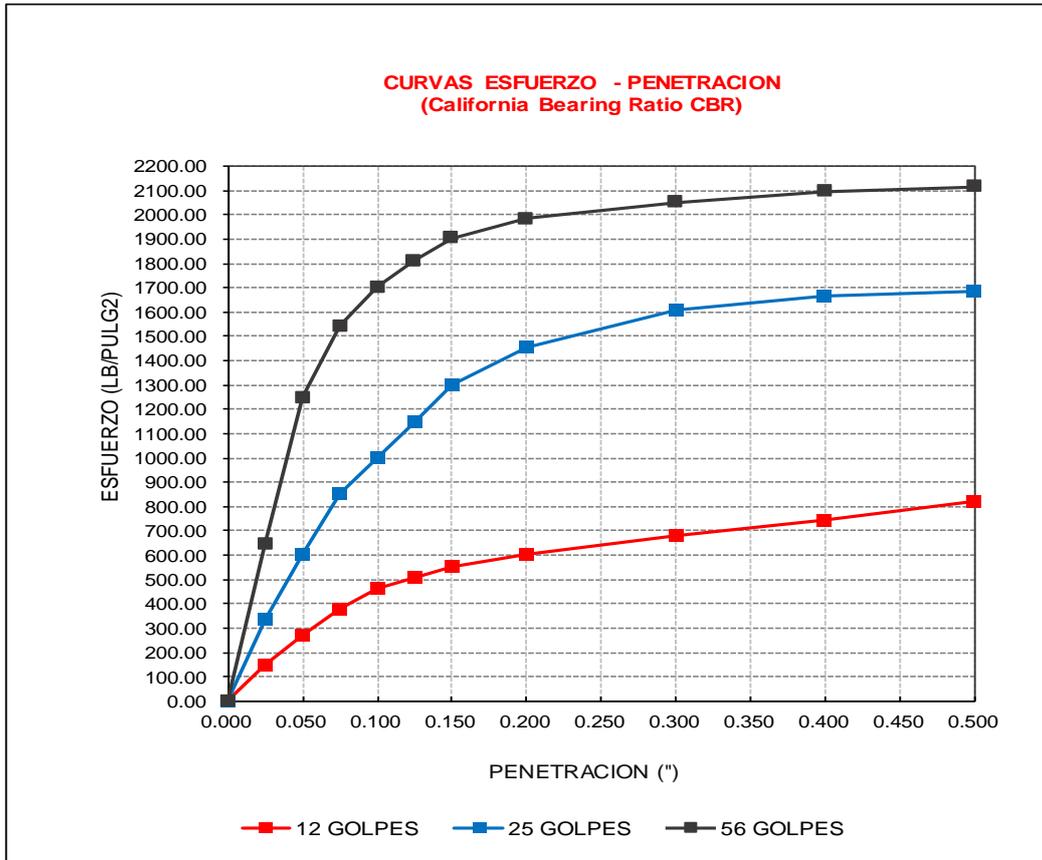
MOLDE	1			2			3											
	Nº Capas			Nº Capas			Nº Capas											
Nº Capas	5			5			5											
NºGolp x Capa	12			25			56											
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>																
P. Húm.+ Molde	11160.00	11525.00	11545.00	11800.00	11760.00	11980.00												
Peso Molde (gr)	7085.00	7085.00	7130.00	7130.00	7190.00	7190.00												
Peso Húmedo (gr)	4075.00	4440.00	4415.00	4670.00	4570.00	4790.00												
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89												
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.72	1.88	1.87	1.97	1.93	2.02												
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>									
P.Húmedo + Tara	198.36	201.84	198.28	195.70	191.36	202.35	198.87	203.57	195.84									
Peso Seco + Tara	181.20	185.21	177.17	179.02	174.81	180.10	181.86	185.15	176.01									
Peso Agua (gr)	17.16	16.63	21.11	16.68	16.55	22.25	17.01	18.42	19.83									
Peso Tara (gr)	27.78	27.76	27.66	28.52	27.74	28.25	28.59	26.57	28.00									
P. Muestra Seca	153.42	157.45	149.51	150.50	147.07	151.85	153.27	158.58	148.01									
Cont. Humedad (%)	11.18	10.56	14.12	11.08	11.25	14.65	11.10	11.62	13.40									
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>10.87</b>			<b>14.12</b>			<b>11.17</b>			<b>14.65</b>			<b>11.36</b>			<b>13.40</b>		
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.55</b>			<b>1.64</b>			<b>1.68</b>			<b>1.72</b>			<b>1.73</b>			<b>1.79</b>		

**ENSAYO: HINCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)		DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.
0	0	2.730	0.000	0.00	9.760	0.000	0.00	14.660	0.000	0.00
24	1	2.750	0.020	0.02	10.210	0.450	0.40	15.190	0.530	0.47
48	2	2.760	0.030	0.03	10.230	0.470	0.42	15.220	0.560	0.50
72	3	2.760	0.030	0.03	10.240	0.480	0.43	15.240	0.580	0.52
96	4	2.770	0.040	0.04	10.260	0.500	0.45	15.270	0.610	0.54

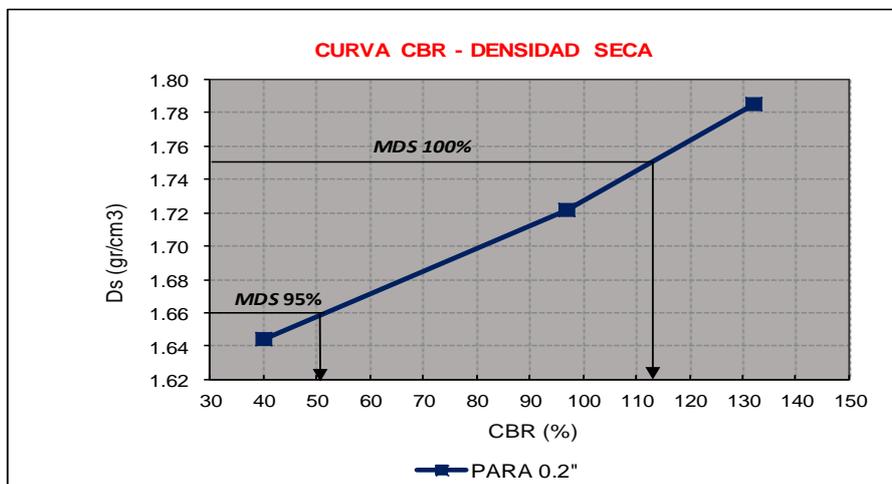
**ENSAYO: CARGA - PENETRACION**

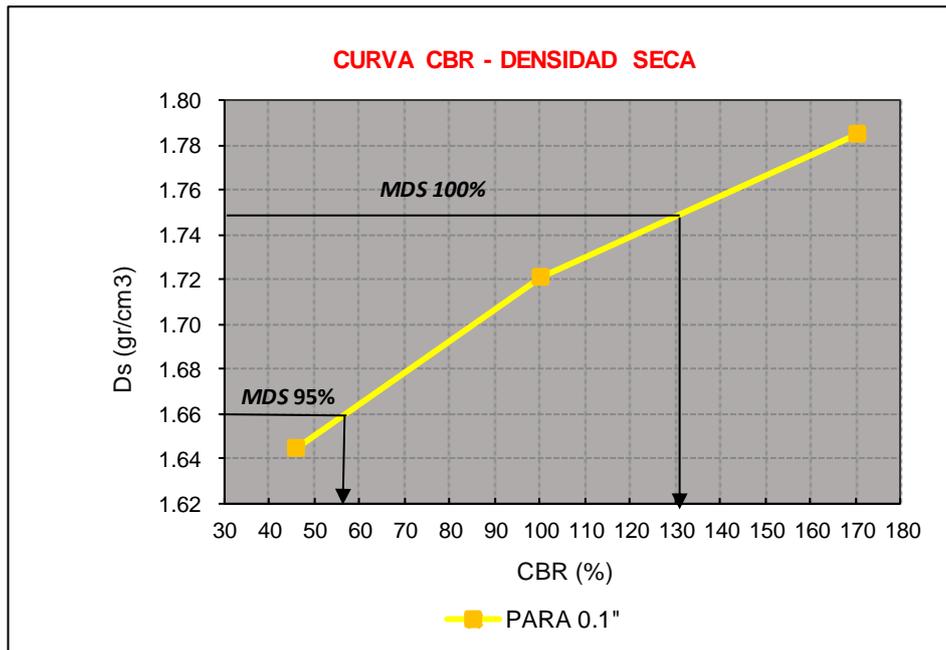
PENETRACION		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	201.55	148.11	10.41	456.00	335.09	23.56	880.31	646.89	45.48
1.27	0.050	370.09	271.96	19.12	823.00	604.78	42.52	1700.00	1249.24	87.83
1.91	0.075	514.31	377.94	26.57	1164.00	855.36	60.14	2100.00	1543.18	108.50
2.54	0.100	628.29	461.70	32.46	1364.24	1002.51	70.49	2318.00	1703.38	119.76
3.18	0.125	694.01	509.99	35.86	1564.32	1149.54	80.82	2465.00	1811.40	127.36
3.81	0.150	751.00	551.87	38.80	1773.21	1303.04	91.62	2590.00	1903.26	133.82
5.08	0.200	820.45	602.91	42.39	1976.06	1452.11	102.10	2700.00	1984.09	139.50
7.62	0.300	924.87	679.64	47.78	2193.00	1611.52	113.30	2790.00	2050.23	144.15
10.16	0.400	1014.82	745.74	52.43	2270.00	1668.11	117.28	2853.00	2096.52	147.40
12.70	0.500	1116.56	820.50	57.69	2290.00	1682.80	118.32	2880.00	2116.36	148.80



MOLDEN°	MOLDEN°4		MOLDEN°5		MOLDEN°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	461.70	602.91	1002.51	1452.11	1703.38	1984.09
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	46.17	40.19	100.25	96.81	170.34	132.27

MOLDEN°	MOLDEN°4	MOLDEN°5	MOLDEN°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	46.17	100.25	170.34
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	40.19	96.81	132.27
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.64	1.72	1.79





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	58.0%
		CBR(0.2)"	<b>50.0%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	130.0%
		CBR(0.2)"	<b>111.0%</b>

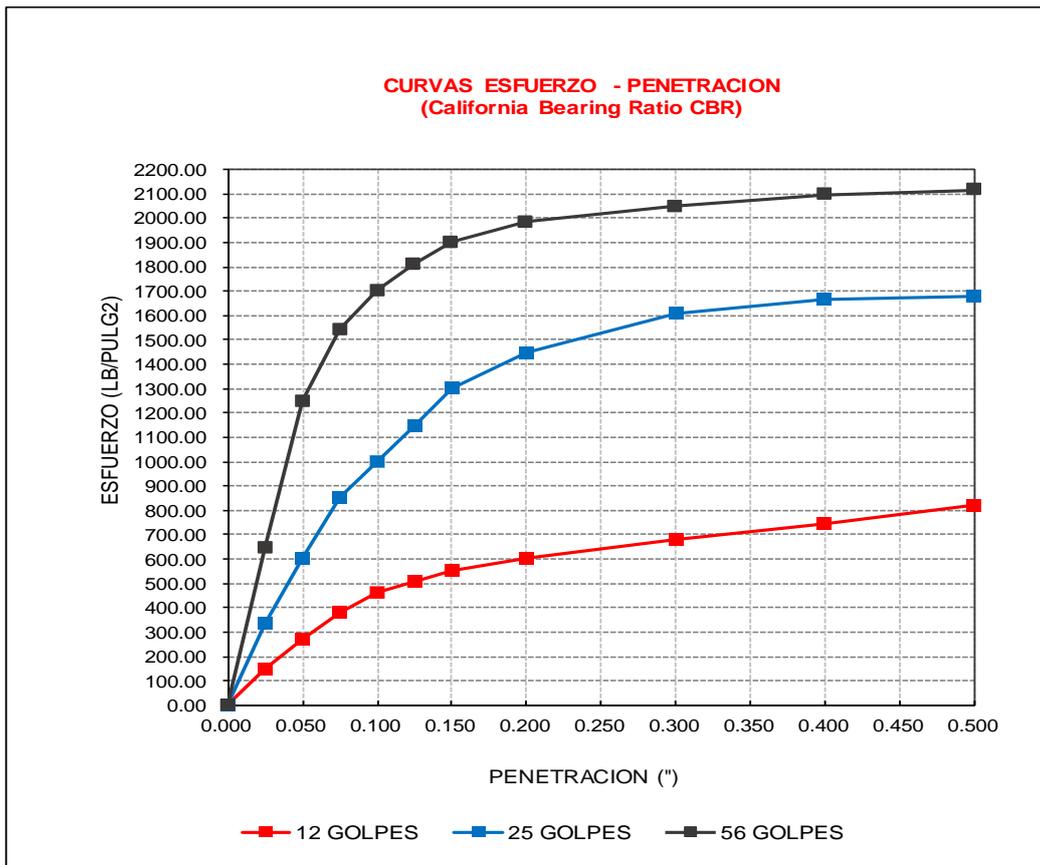
**ANEXO 59: Resultados del ensayo CBR con 4% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 1.50m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR + 4% Cemento Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 4% Cemento Portland tipo I en C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
MOLDE	1			2			3		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>							
P. Húm.+ Molde	11155.00	11520.00	11540.00	11795.00	11755.00	11975.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3910.00	4275.00	4355.00	4610.00	4505.00	4725.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.65	1.81	1.84	1.95	1.90	2.00			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	195.16	199.64	196.08	193.50	189.16	200.15	196.67	201.37	193.64
Peso Seco + Tara	180.00	185.01	180.97	176.82	172.61	179.70	179.66	182.95	175.81
Peso Agua (gr)	15.16	14.63	15.11	16.68	16.55	20.45	17.01	18.42	17.83
Peso Tara (gr)	27.78	27.76	27.66	28.52	27.74	28.25	28.59	26.57	28.00
P. Muestra Seca	152.22	157.25	153.31	148.30	144.87	151.45	151.07	156.38	147.81
Cont. Humedad (%)	9.96	9.30	9.86	11.25	11.42	13.50	11.26	11.78	12.06
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>9.63</b>		<b>9.86</b>	<b>11.34</b>		<b>13.50</b>	<b>11.52</b>		<b>12.06</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.51</b>		<b>1.64</b>	<b>1.65</b>		<b>1.72</b>	<b>1.71</b>		<b>1.78</b>

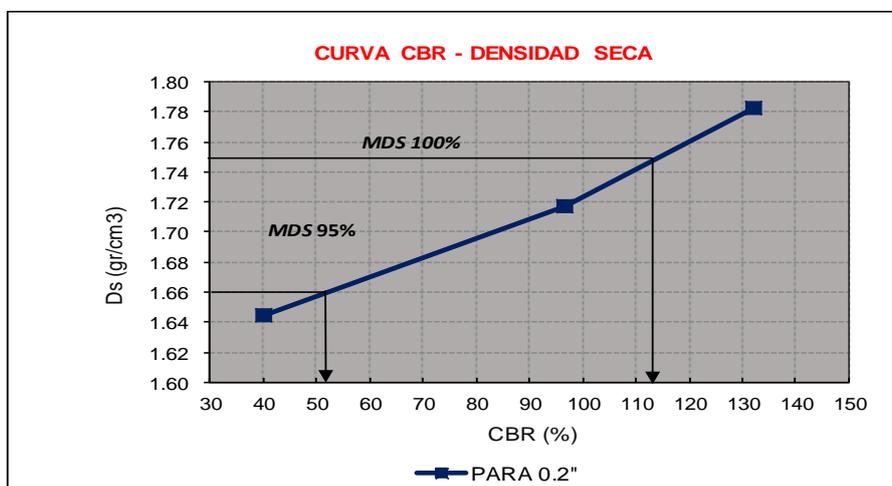
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>											
TIEMPO		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
ACUMULADO	(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0		2.480	0.000	0.00	9.510	0.000	0.00	14.410	0.000	0.00
24	1		2.500	0.020	0.02	9.960	0.450	0.40	14.940	0.530	0.47
48	2		2.530	0.050	0.04	9.980	0.470	0.42	14.970	0.560	0.50
72	3		2.510	0.030	0.03	9.990	0.480	0.43	14.990	0.580	0.52
96	4		2.520	0.040	0.04	10.010	0.500	0.45	15.270	0.860	0.77

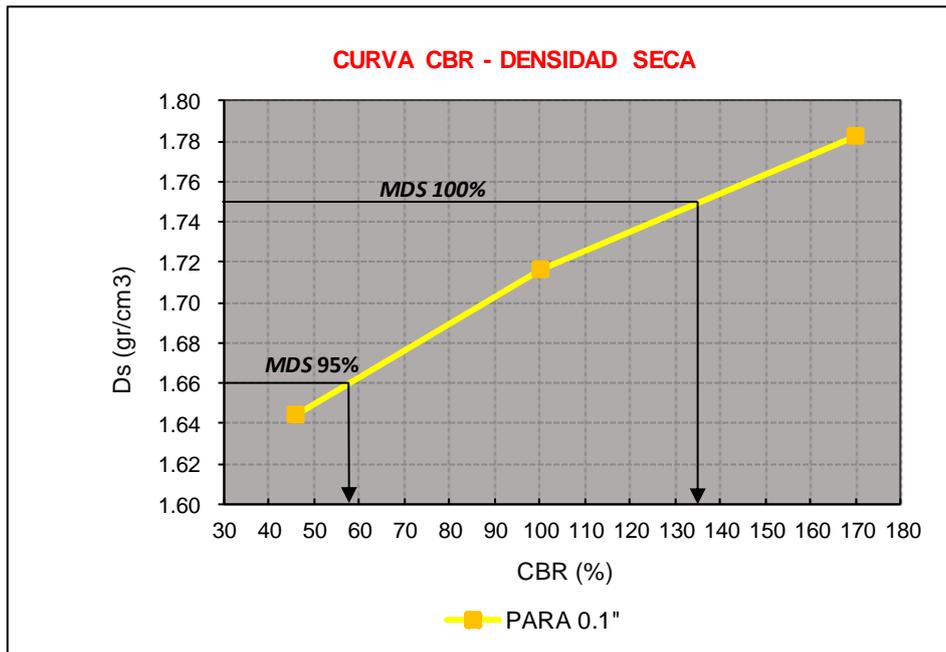
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
PENETRACION		MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	200.21	147.12	10.34	454.66	334.11	23.49	878.97	645.91	45.41
1.27	0.050	368.75	270.98	19.05	821.66	603.80	42.45	1698.66	1248.26	87.76
1.91	0.075	512.97	376.96	26.50	1162.66	854.38	60.07	2098.66	1542.20	108.43
2.54	0.100	626.95	460.71	32.39	1362.90	1001.53	70.42	2316.66	1702.39	119.69
3.18	0.125	692.67	509.01	35.79	1562.98	1148.55	80.75	2463.66	1810.42	127.29
3.81	0.150	749.66	550.89	38.73	1771.87	1302.06	91.55	2588.66	1902.27	133.75
5.08	0.200	819.11	601.92	42.32	1974.72	1451.12	102.03	2698.66	1983.11	139.43
7.62	0.300	923.53	678.65	47.72	2191.66	1610.54	113.23	2788.66	2049.24	144.08
10.16	0.400	1013.48	744.75	52.36	2268.66	1667.12	117.21	2851.66	2095.54	147.33
12.70	0.500	1115.22	819.52	57.62	2288.66	1681.82	118.25	2878.66	2115.38	148.73



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	460.71	601.92	1001.53	1451.12	1702.39	1983.11
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	46.07	40.13	100.15	96.74	170.24	132.21

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	46.07	100.15	170.24
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	40.13	96.74	132.21
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.64	1.72	1.78





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	59.0%
		CBR(0.2)"	<b>51.0%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	135.0%
		CBR(0.2)"	<b>113.0%</b>

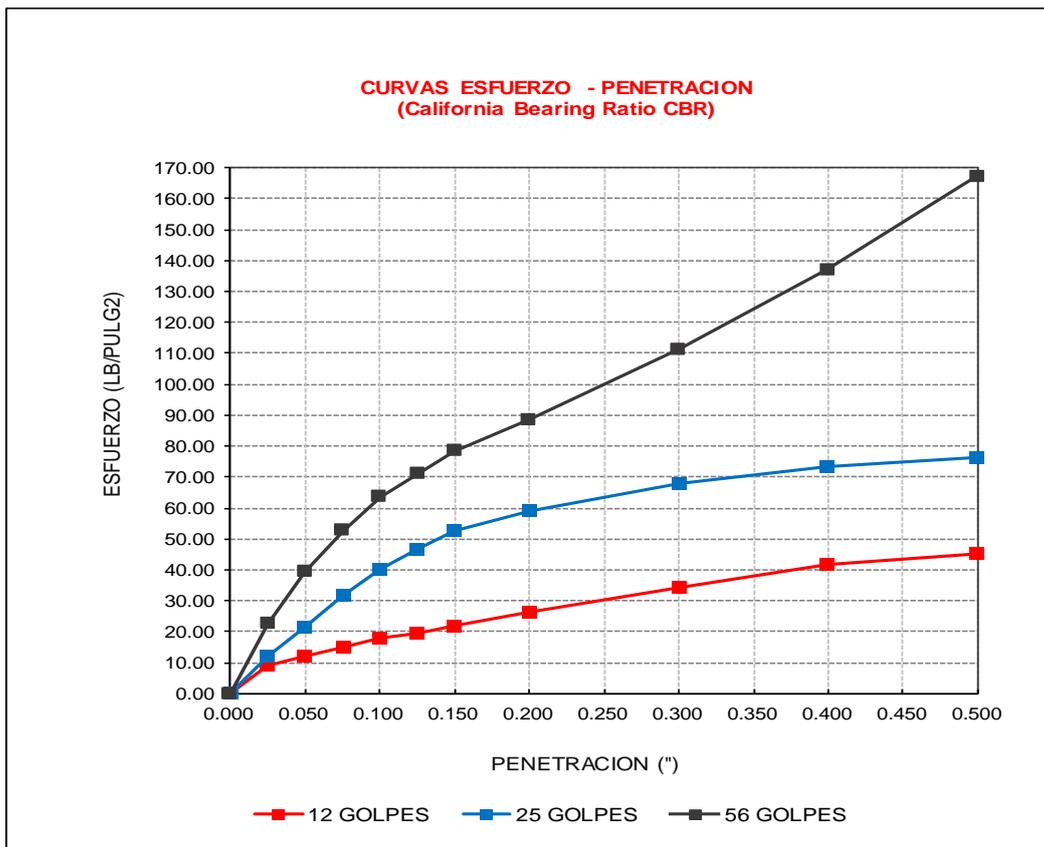
**ANEXO 60: Resultados del ensayo CBR con 4% Cal, de la Calicata 3- Est. 1.50m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR + 4% Cal Estrato 1.50m - Prof.	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 4% Cal C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
MOLDE	1			2			3		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	11180.00		11615.00	11455.00		11840.00	11590.00		11895.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	3990.00		4425.00	4325.00		4710.00	4510.00		4815.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.69		1.87	1.83		1.99	1.91		2.04
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	197.11	200.44	187.56	187.34	201.41	197.86	201.45	188.16	197.39
Peso Seco + Tara	170.32	174.28	161.82	165.13	177.09	171.93	179.59	167.92	175.76
Peso Agua (gr)	26.79	26.16	25.74	22.21	24.32	25.93	21.86	20.24	21.63
Peso Tara (gr)	27.66	27.68	27.63	28.46	28.04	27.36	27.35	27.53	28.41
P. Muestra Seca	142.66	146.60	134.19	136.67	149.05	144.57	152.24	140.39	147.35
Cont. Humedad (%)	18.78	17.84	19.18	16.25	16.32	17.94	14.36	14.42	14.68
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>18.31</b>		<b>19.18</b>	<b>16.28</b>		<b>17.94</b>	<b>14.39</b>		<b>14.68</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.43</b>		<b>1.57</b>	<b>1.57</b>		<b>1.69</b>	<b>1.67</b>		<b>1.77</b>

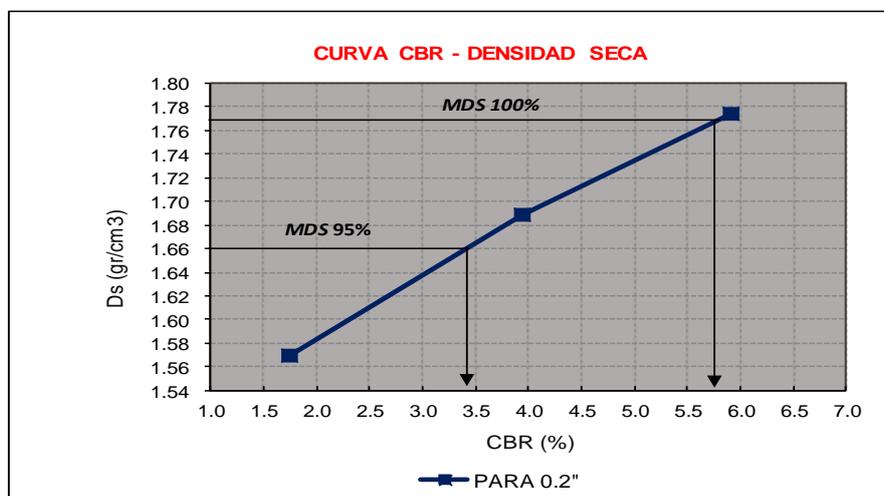
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	4.440	0.000	0.00	10.140	0.000	0.00	11.650	11.650	10.40
24	1	6.000	1.560	1.39	13.150	3.010	2.69	13.950	2.300	2.05
48	2	6.700	2.260	2.02	13.610	3.470	3.10	14.230	2.580	2.30
72	3	6.760	2.320	2.07	13.650	3.510	3.13	15.200	3.550	3.17
96	4	7.040	2.600	2.32	13.700	3.560	3.18	15.370	3.720	3.32

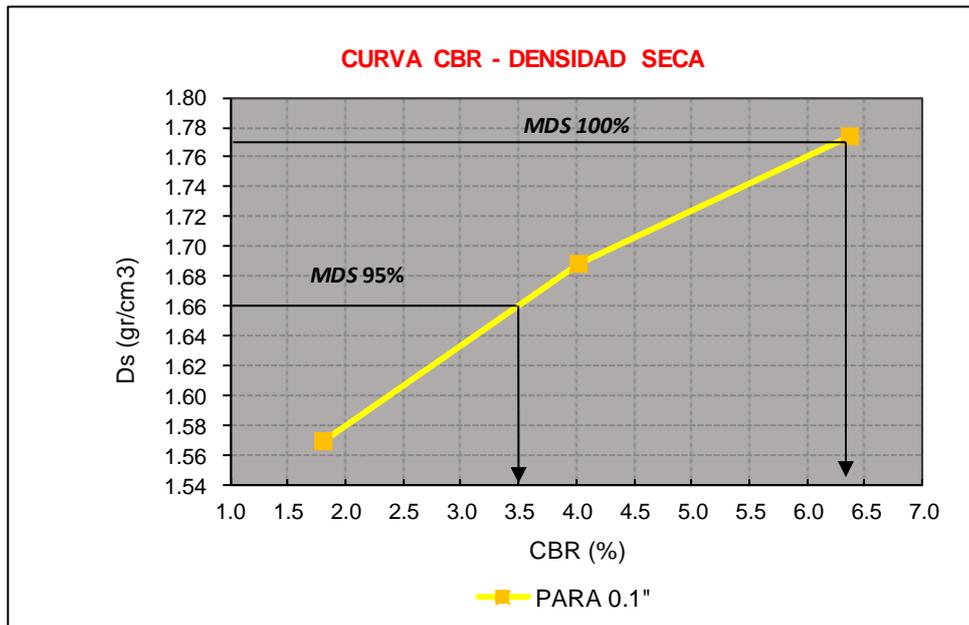
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
PENETRACION		MOLDE Nº1			MOLDE Nº2			MOLDE Nº3		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	13	9.27	0.65	17	12.21	0.86	31	22.49	1.58
1.27	0.050	17	12.21	0.86	29	21.25	1.49	54	39.40	2.77
1.91	0.075	21	15.15	1.06	44	32.05	2.25	72	52.62	3.70
2.54	0.100	25	18.08	1.27	55	40.13	2.82	87	63.65	4.47
3.18	0.125	27	19.55	1.37	64	46.74	3.29	97	70.99	4.99
3.81	0.150	30	21.76	1.53	72	52.62	3.70	107	78.34	5.51
5.08	0.200	36	26.17	1.84	81	59.24	4.16	121	88.63	6.23
7.62	0.300	47	34.25	2.41	93	68.05	4.78	152	111.41	7.83
10.16	0.400	57	41.60	2.92	100	73.20	5.15	187	137.13	9.64
12.70	0.500	61	45.10	3.17	104	76.53	5.38	227	167.13	11.75



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	18.08	26.17	40.13	59.24	63.65	88.63
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.81	1.74	4.01	3.95	6.36	5.91

MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.81	4.01	6.36
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.74	3.95	5.91
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.57	1.69	1.77





Dsmáx	1.75	gr/cm3	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	3.5%
		CBR(0.2)"	<b>3.4%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	6.4%
		CBR(0.2)"	<b>5.8%</b>

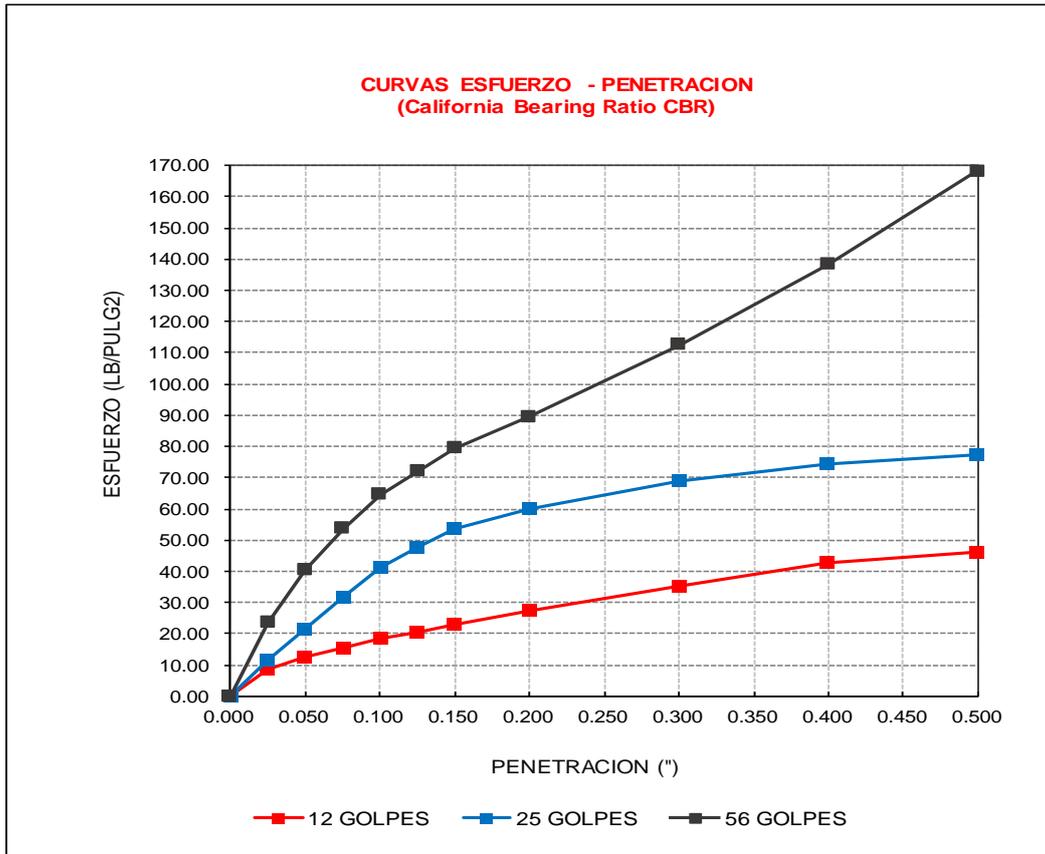
**ANEXO 61: Resultados del ensayo CBR con 4% Cal, de la Calicata 3- Est. 1.50m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 4% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 4% Cal C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
MOLDE	1			2			3		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11185.00		11620.00	11460.00		11845.00	11595.00		11900.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	3995.00		4430.00	4330.00		4715.00	4515.00		4820.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.69		1.87	1.83		1.99	1.91		2.04
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	198.26	201.64	188.25	188.72	202.13	198.39	202.64	189.25	198.79
Peso Seco + Tara	171.48	176.75	162.20	164.50	176.04	171.70	178.58	168.53	176.01
Peso Agua (gr)	26.78	24.89	26.05	24.22	26.09	26.69	24.06	20.72	22.78
Peso Tara (gr)	27.66	27.68	27.63	28.46	28.04	27.36	27.35	27.53	28.41
P. Muestra Seca	143.82	149.07	134.57	136.04	148.00	144.34	151.23	141.00	147.60
Cont. Humedad (%)	18.62	16.70	19.36	17.80	17.63	18.49	15.91	14.70	15.43
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>17.66</b>		<b>19.36</b>	<b>17.72</b>		<b>18.49</b>	<b>15.30</b>		<b>15.43</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.44</b>		<b>1.57</b>	<b>1.55</b>		<b>1.68</b>	<b>1.66</b>		<b>1.76</b>

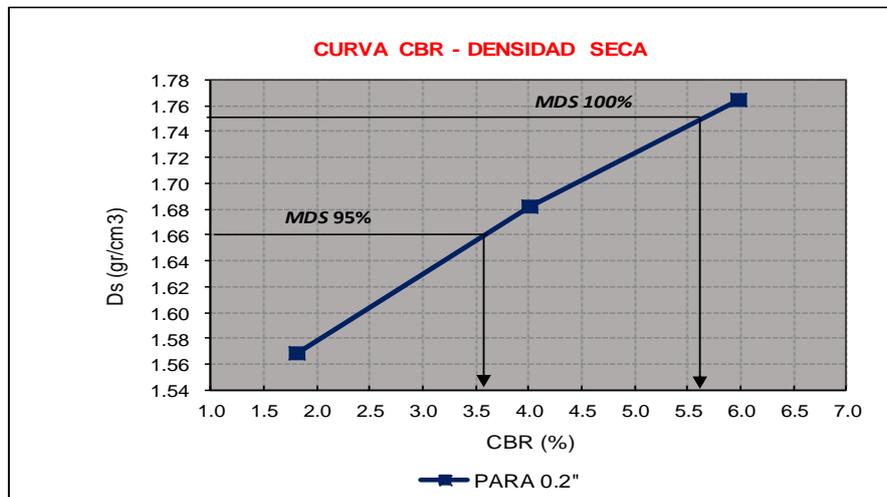
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	4.690	0.000	0.00	10.390	0.000	0.00	11.900	11.900	10.63
24	1	6.250	1.560	1.39	13.390	3.000	2.68	14.200	2.300	2.05
48	2	6.950	2.260	2.02	13.860	3.470	3.10	14.480	2.580	2.30
72	3	7.010	2.320	2.07	13.900	3.510	3.13	15.450	3.550	3.17
96	4	7.290	2.600	2.32	13.950	3.560	3.18	15.620	3.720	3.32

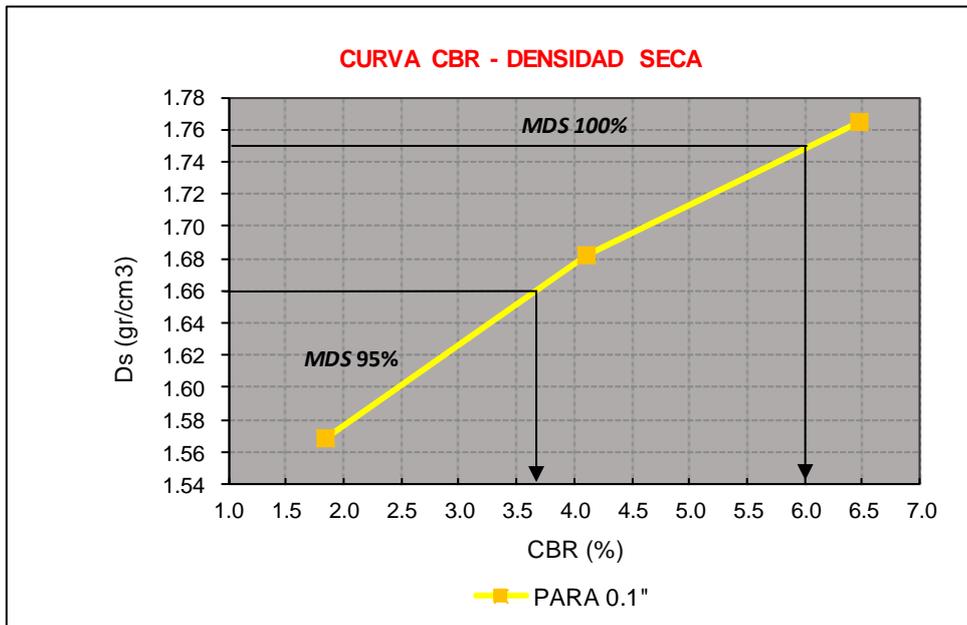
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	12.00	8.82	0.62	16.00	11.76	0.83	32.00	23.52	1.65
1.27	0.050	17.00	12.49	0.88	29.31	21.54	1.51	55.00	40.42	2.84
1.91	0.075	21.00	15.43	1.08	43.00	31.60	2.22	73.00	53.64	3.77
2.54	0.100	25.00	18.37	1.29	56.00	41.15	2.89	88.00	64.67	4.55
3.18	0.125	28.00	20.58	1.45	65.00	47.77	3.36	98.00	72.02	5.06
3.81	0.150	31.00	22.78	1.60	73.00	53.64	3.77	108.00	79.36	5.58
5.08	0.200	37.00	27.19	1.91	82.00	60.26	4.24	122.00	89.65	6.30
7.62	0.300	48.00	35.27	2.48	94.00	69.08	4.86	153.00	112.43	7.90
10.16	0.400	58.00	42.62	3.00	101.00	74.22	5.22	188.00	138.15	9.71
12.70	0.500	62.76	46.12	3.24	105.54	77.56	5.45	228.83	168.16	11.82



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	18.37	27.19	41.15	60.26	64.67	89.65
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.84	1.81	4.12	4.02	6.47	5.98

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.84		4.12		6.47	
PENETRACION (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.81		4.02		5.98	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.57		1.68		1.76	





Dsmáx	1.75	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	3.7%
		CBR(0.2)"	<b>3.6%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	6.0%
		CBR(0.2)"	<b>5.6%</b>

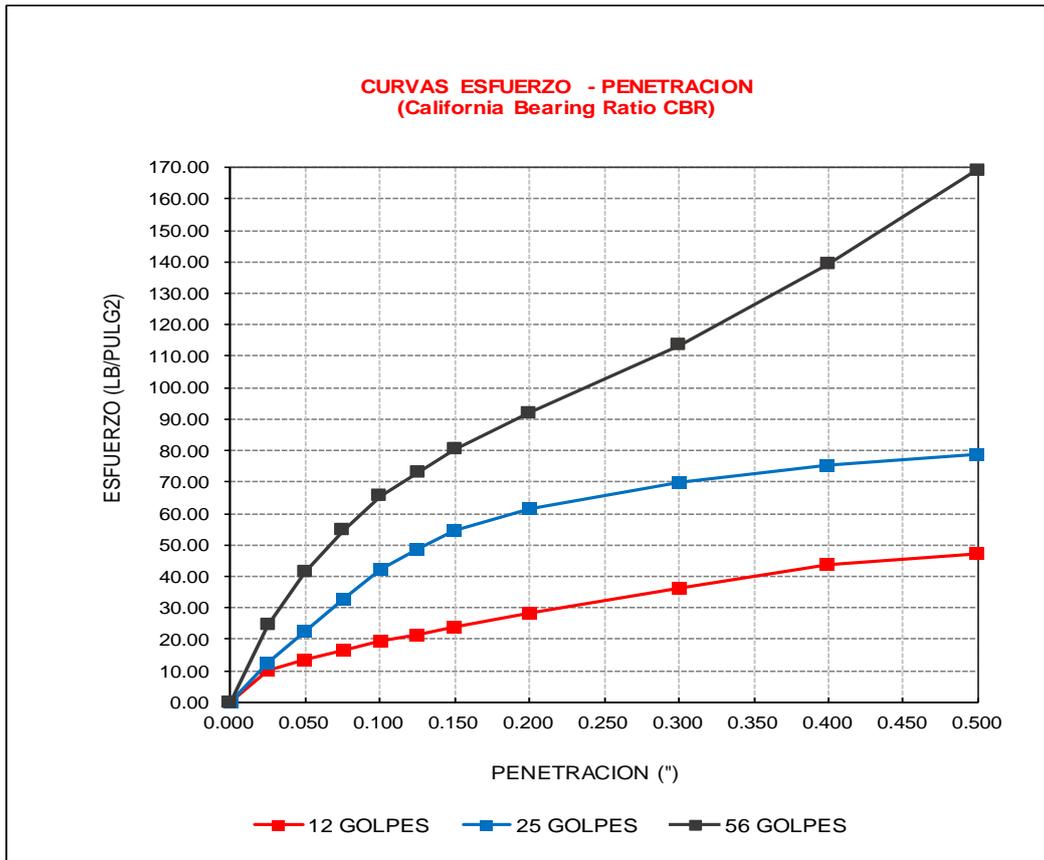
**ANEXO 62: Resultados del ensayo CBR con 4% Cal, de la Calicata 3- Est. 1.50m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 4% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 1.50m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR+ 4% Cal C3- EST. 1.50m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACION</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11190.00		11625.00	11465.00		11850.00	11600.00		11905.00
Peso Molde (gr)	7245.00		7245.00	7185.00		7185.00	7250.00		7250.00
Peso Húmedo (gr)	3945.00		4380.00	4280.00		4665.00	4350.00		4655.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.67		1.85	1.81		1.97	1.84		1.97
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	199.87	202.54	190.76	189.53	204.65	200.02	203.79	191.75	200.56
Peso Seco + Tara	172.41	177.89	165.02	165.72	177.89	173.67	183.65	175.23	181.30
Peso Agua (gr)	27.46	24.65	25.74	23.81	26.76	26.35	20.14	16.52	19.26
Peso Tara (gr)	27.66	27.68	27.63	28.46	28.04	27.36	27.35	27.53	28.41
P. Muestra Seca	144.75	150.21	137.39	137.26	149.85	146.31	156.30	147.70	152.89
Cont. Humedad (%)	18.97	16.41	18.73	17.35	17.86	18.01	12.89	11.18	12.60
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>17.69</b>		<b>18.73</b>	<b>17.60</b>		<b>18.01</b>	<b>12.04</b>		<b>12.60</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.42</b>		<b>1.56</b>	<b>1.54</b>		<b>1.67</b>	<b>1.64</b>		<b>1.75</b>

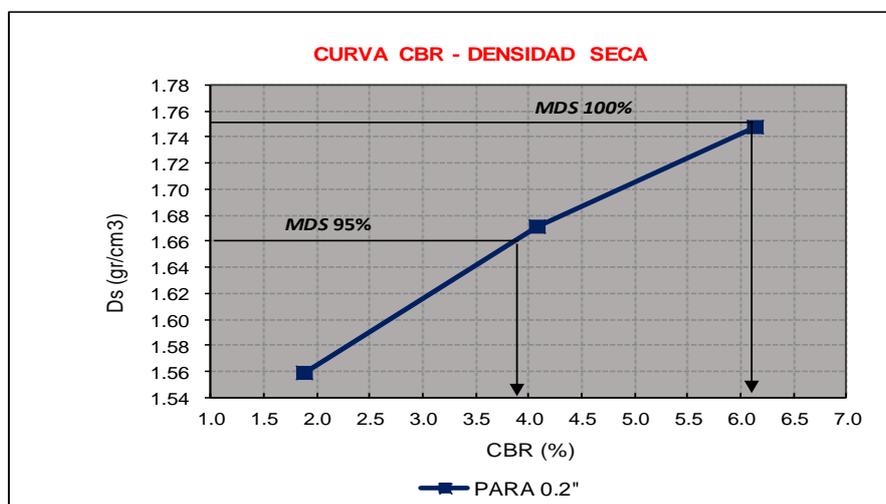
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	4.940	0.000	0.00	10.640	0.000	0.00	12.140	12.140	10.84
24	1	6.500	1.560	1.39	13.630	2.990	2.67	14.440	2.300	2.05
48	2	7.200	2.260	2.02	14.110	3.470	3.10	14.720	2.580	2.30
72	3	7.260	2.320	2.07	14.150	3.510	3.13	15.690	3.550	3.17
96	4	7.540	2.600	2.32	14.190	3.550	3.17	15.860	3.720	3.32

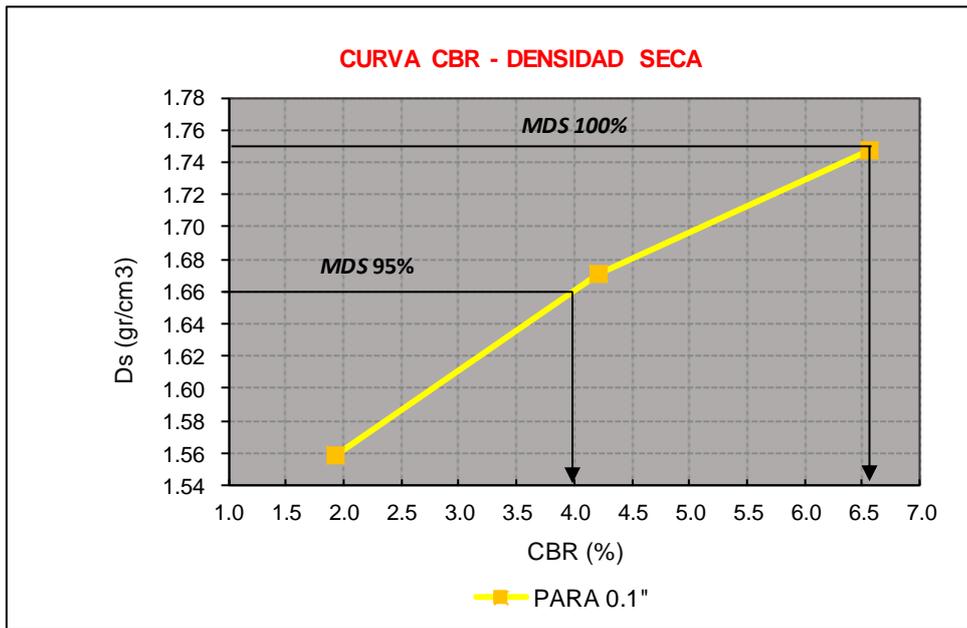
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACION</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	13.39	9.84	0.69	17.39	12.78	0.90	33.39	24.54	1.73
1.27	0.050	18.39	13.51	0.95	30.70	22.56	1.59	56.39	41.44	2.91
1.91	0.075	22.39	16.45	1.16	44.39	32.62	2.29	74.39	54.67	3.84
2.54	0.100	26.39	19.39	1.36	57.39	42.17	2.97	89.39	65.69	4.62
3.18	0.125	29.39	21.60	1.52	66.39	48.79	3.43	99.39	73.04	5.14
3.81	0.150	32.39	23.80	1.67	74.39	54.67	3.84	109.39	80.39	5.65
5.08	0.200	38.39	28.21	1.98	83.39	61.28	4.31	125.39	92.14	6.48
7.62	0.300	49.38	36.29	2.55	95.39	70.10	4.93	154.39	113.45	7.98
10.16	0.400	59.39	43.64	3.07	102.39	75.24	5.29	189.39	139.17	9.79
12.70	0.500	64.15	47.14	3.31	106.93	78.58	5.52	230.22	169.18	11.89



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	19.39	28.21	42.17	61.28	65.69	92.14
ESFUERZO PATRON lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.94	1.88	4.22	4.09	6.57	6.14

MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.94	4.22	6.57
PENETRACION (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.88	4.09	6.14
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.56	1.67	1.75





Dsmáx	1.75	gr/cm3	
Ds máx 95%	1.66	CBR(0.1)"	4.0%
		CBR(0.2)"	<b>3.9%</b>
Ds máx 100%	1.75	CBR(0.1)"	6.6%
		CBR(0.2)"	<b>6.1%</b>

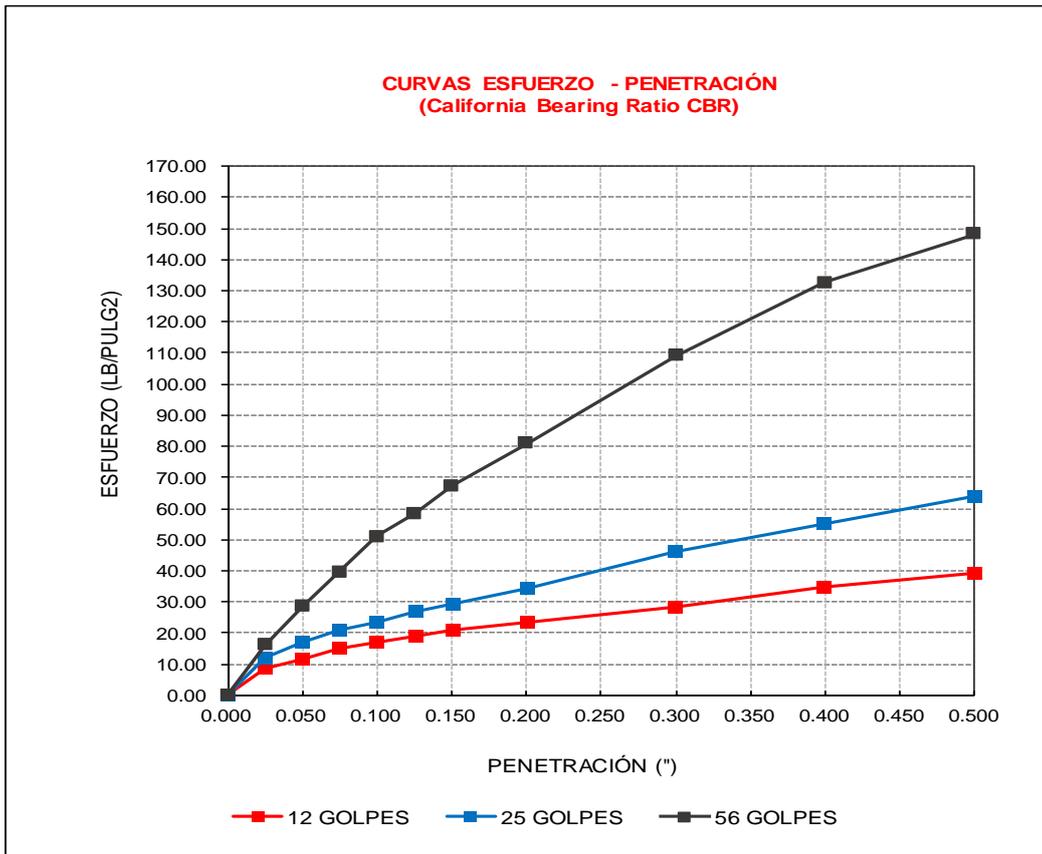
**ANEXO 63: Resultados del ensayo CBR Patrón de la Calicata 3- Est. 0.80m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR PATRÓN
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
			ASTM D 1883	California Bearing Ratio
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)	

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>		<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>		<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	
P. Húm.+ Molde	11065.00	11540.00		11310.00	11735.00		11650.00	11995.00	
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00		7185.00	7185.00		7250.00	7250.00	
Peso Húmido (gr)	3820.00	4295.00		4125.00	4550.00		4400.00	4745.00	
Vol. Molde (cm3)	2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89	
Densidad H.(gr/cm3)	1.61	1.82		1.74	1.92		1.86	2.01	
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmido + Tara	213.18	204.83	191.70	203.81	198.28	208.63	212.07	209.24	205.38
Peso Seco + Tara	183.15	176.82	160.77	173.83	168.38	174.54	180.88	177.94	169.98
Peso Agua (gr)	30.03	28.01	30.93	29.98	29.90	34.09	31.19	31.30	35.40
Peso Tara (gr)	27.32	30.10	27.14	26.65	20.81	28.03	28.35	26.57	26.79
P. Muestra Seca	155.83	146.72	133.63	147.18	147.57	146.51	152.53	151.37	143.19
Cont. Humedad (%)	19.27	19.09	23.15	20.37	20.26	23.27	20.45	20.68	24.72
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>19.18</b>		<b>23.15</b>	<b>20.32</b>		<b>23.27</b>	<b>20.56</b>		<b>24.72</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.35</b>		<b>1.47</b>	<b>1.45</b>		<b>1.56</b>	<b>1.54</b>		<b>1.61</b>

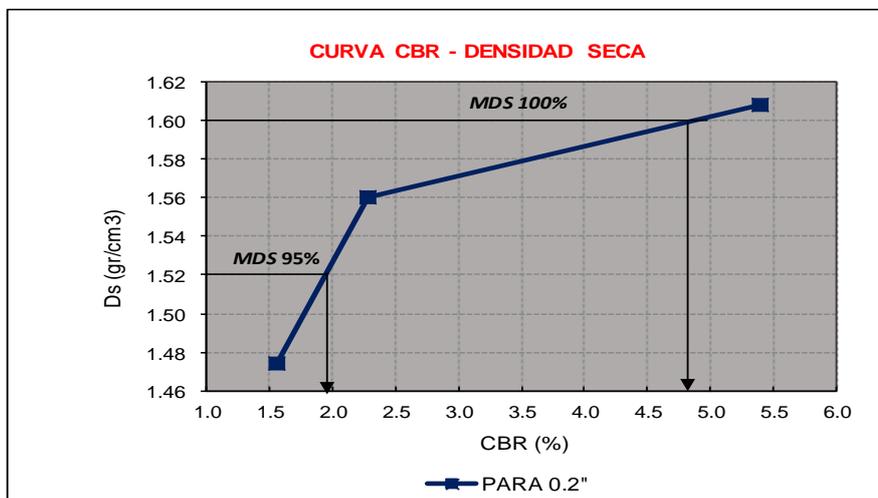
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.710	3.710	3.31	3.045	3.045	2.72	3.094	3.094	2.76
48	2	4.690	4.690	4.19	3.552	3.552	3.17	3.558	3.558	3.18
72	3	5.671	5.671	5.06	4.593	4.593	4.10	4.763	4.763	4.25
96	4	5.846	5.846	5.22	4.720	4.720	4.21	4.821	4.821	4.30

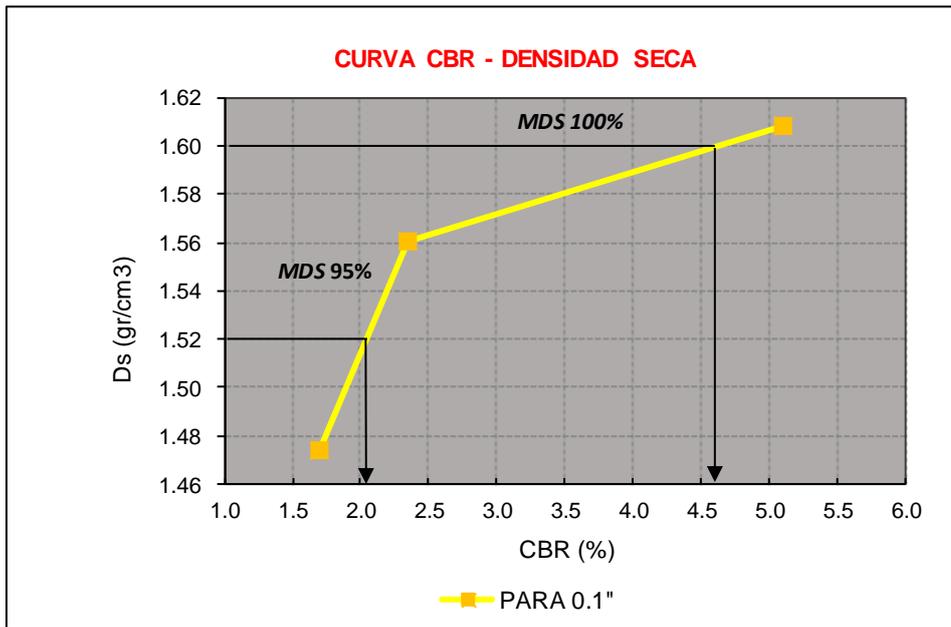
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	11.54	8.48	0.60	16.23	11.93	0.84	22.08	16.22	1.14
1.27	0.050	15.77	11.59	0.81	22.88	16.81	1.18	38.94	28.62	2.01
1.91	0.075	20.36	14.96	1.05	28.36	20.84	1.47	53.78	39.52	2.78
2.54	0.100	23.04	16.93	1.19	31.87	23.42	1.65	69.53	51.09	3.59
3.18	0.125	25.81	18.97	1.33	36.54	26.85	1.89	79.61	58.50	4.11
3.81	0.150	28.44	20.90	1.47	40.12	29.48	2.07	91.74	67.42	4.74
5.08	0.200	31.69	23.29	1.64	46.63	34.27	2.41	110.16	80.95	5.69
7.62	0.300	38.28	28.13	1.98	62.78	46.13	3.24	148.56	109.17	7.68
10.16	0.400	47.30	34.76	2.44	75.09	55.18	3.88	180.33	132.52	9.32
12.70	0.500	53.73	39.48	2.78	87.34	64.18	4.51	201.45	148.04	10.41



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	16.93	23.29	23.42	34.27	51.09	80.95
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.69	1.55	2.34	2.28	5.11	5.40

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.69		2.34		5.11	
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.55		2.28		5.40	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.47		1.56		1.61	





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	2.1%
		CBR(0.2)"	<b>1.9%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	<b>4.6%</b>
		CBR(0.2)"	4.8%

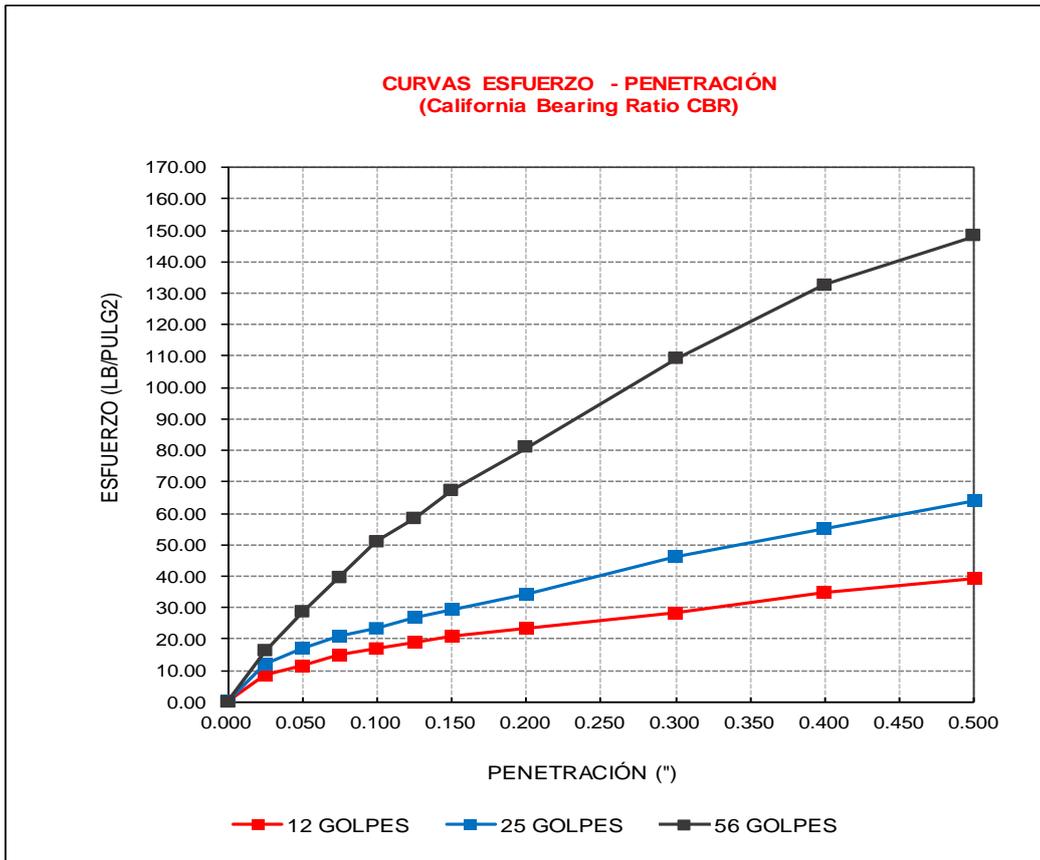
**ANEXO 64: Resultados del ensayo CBR Patrón de la Calicata 3- Est. 0.80m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR PATRÓN	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11070.00	11545.00	11315.00	11740.00	11655.00	12000.00			
Peso Molde (gr)	7190.00	7190.00	7130.00	7130.00	7080.00	7080.00			
Peso Húmido (gr)	3880.00	4355.00	4185.00	4610.00	4575.00	4920.00			
Vol. Molde (cm3)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm3)	1.64	1.84	1.77	1.95	1.93	2.08			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmido + Tara	214.72	206.37	193.24	205.35	199.82	210.17	213.61	210.78	206.92
Peso Seco + Tara	181.83	175.50	159.45	172.51	167.06	173.22	179.56	176.62	168.66
Peso Agua (gr)	32.89	30.87	33.79	32.84	32.76	36.95	34.05	34.16	38.26
Peso Tara (gr)	27.32	30.10	27.14	26.65	20.81	28.03	28.35	26.57	26.79
P. Muestra Seca	154.51	145.40	132.31	145.86	146.25	145.19	151.21	150.05	141.87
Cont. Humedad (%)	21.29	21.23	25.54	22.51	22.40	25.45	22.52	22.77	26.97
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>21.26</b>		<b>25.54</b>	<b>22.46</b>		<b>25.45</b>	<b>22.64</b>		<b>26.97</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.35</b>		<b>1.47</b>	<b>1.44</b>		<b>1.55</b>	<b>1.58</b>		<b>1.64</b>

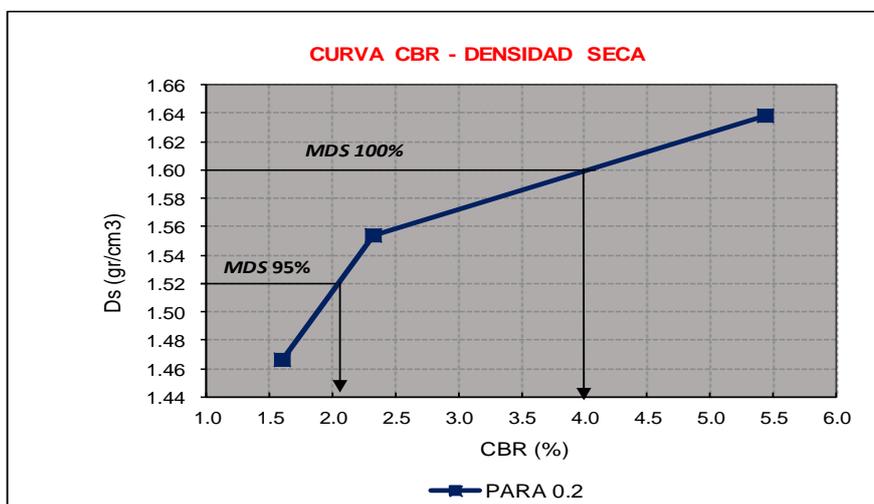
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	4.160	4.160	3.71	3.495	3.495	3.12	3.544	3.544	3.16
48	2	5.140	5.140	4.59	4.002	4.002	3.57	4.008	4.008	3.58
72	3	6.121	6.121	5.47	5.043	5.043	4.50	5.213	5.213	4.65
96	4	6.296	6.296	5.62	5.170	5.170	4.62	5.271	5.271	4.71

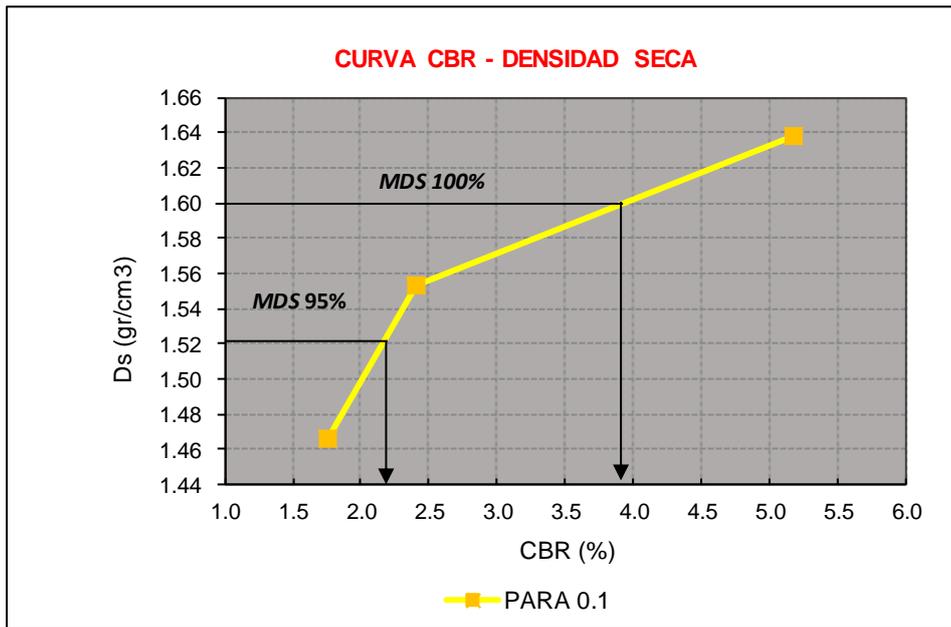
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	12.47	9.17	0.64	17.16	12.61	0.89	23.01	16.91	1.19
1.27	0.050	16.70	12.27	0.86	23.81	17.50	1.23	39.87	29.30	2.06
1.91	0.075	21.29	15.65	1.10	29.29	21.53	1.51	54.71	40.21	2.83
2.54	0.100	23.97	17.62	1.24	32.80	24.10	1.69	70.46	51.78	3.64
3.18	0.125	26.74	19.65	1.38	37.47	27.54	1.94	80.54	59.19	4.16
3.81	0.150	29.37	21.58	1.52	41.05	30.17	2.12	92.67	68.10	4.79
5.08	0.200	32.62	23.97	1.69	47.56	34.95	2.46	111.09	81.64	5.74
7.62	0.300	39.21	28.81	2.03	63.71	46.82	3.29	149.49	109.85	7.72
10.16	0.400	48.23	35.44	2.49	76.02	55.86	3.93	181.26	133.20	9.37
12.70	0.500	54.66	40.17	2.82	88.27	64.87	4.56	202.38	148.72	10.46



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	17.62	23.97	24.10	34.95	51.78	81.64
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.76	1.60	2.41	2.33	5.18	5.44

MOLDE N°	MOLDE N° 01	MOLDE N° 02	MOLDE N° 03
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.76	2.41	5.18
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.60	2.33	5.44
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.47	1.55	1.64





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	2.3%
		CBR(0.2)"	<b>2.1%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	<b>3.9%</b>
		CBR(0.2)"	4.0%

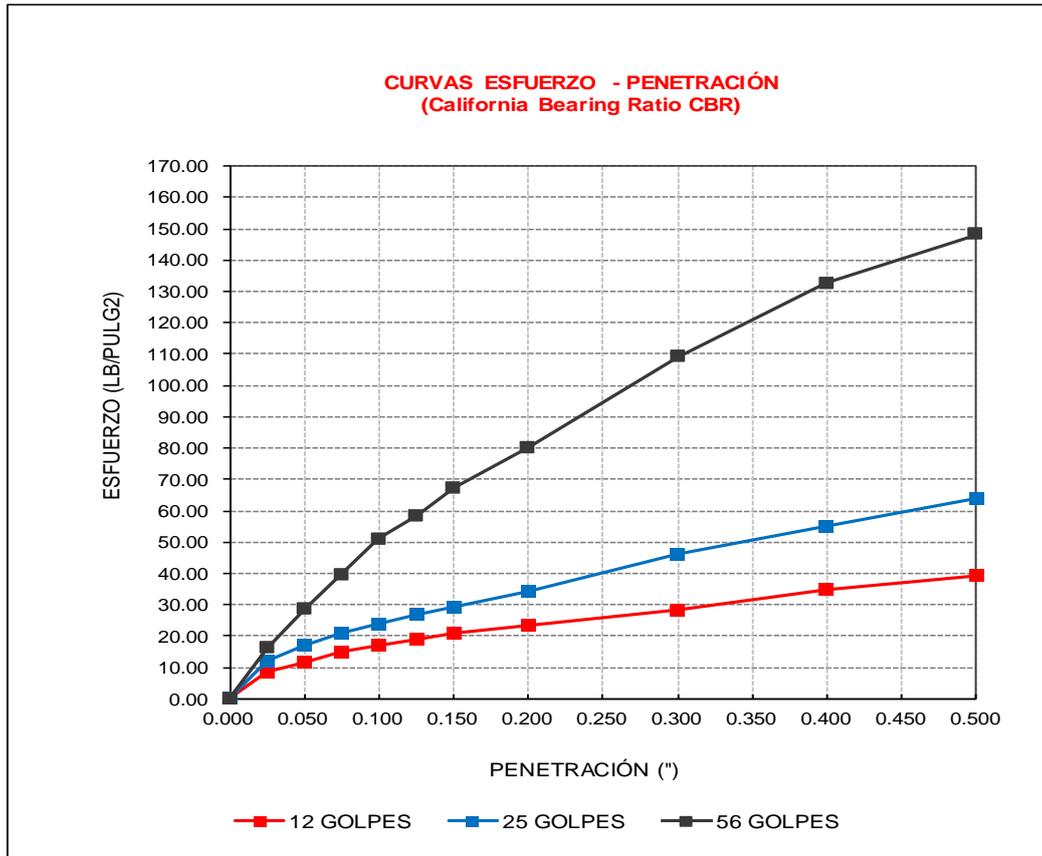
**ANEXO 65: Resultados del ensayo CBR Patrón de la Calicata 3- Est. 0.80m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte - Trujillo - San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	CBR PATRÓN
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
			ASTM D 1883	California Bearing Ratio
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)	

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>1</b>			<b>2</b>			<b>3</b>		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11060.00	11535.00	11305.00	11730.00	11645.00	11990.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3815.00	4290.00	4120.00	4545.00	4395.00	4740.00			
Vol. Molde (cm3)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm3)	1.61	1.81	1.74	1.92	1.86	2.00			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	212.84	204.49	191.36	203.47	197.94	208.29	211.73	208.90	205.04
Peso Seco + Tara	183.35	177.02	160.97	174.03	168.58	174.74	181.08	178.14	170.18
Peso Agua (gr)	29.49	27.47	30.39	29.44	29.36	33.55	30.65	30.76	34.86
Peso Tara (gr)	27.32	30.10	27.14	26.65	20.81	28.03	28.35	26.57	26.79
P. Muestra Seca	156.03	146.92	133.83	147.38	147.77	146.71	152.73	151.57	143.39
Cont. Humedad (%)	18.90	18.70	22.71	19.98	19.87	22.87	20.07	20.29	24.31
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>18.80</b>		<b>22.71</b>	<b>19.92</b>		<b>22.87</b>	<b>20.18</b>		<b>24.31</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.36</b>		<b>1.48</b>	<b>1.45</b>		<b>1.56</b>	<b>1.55</b>		<b>1.61</b>

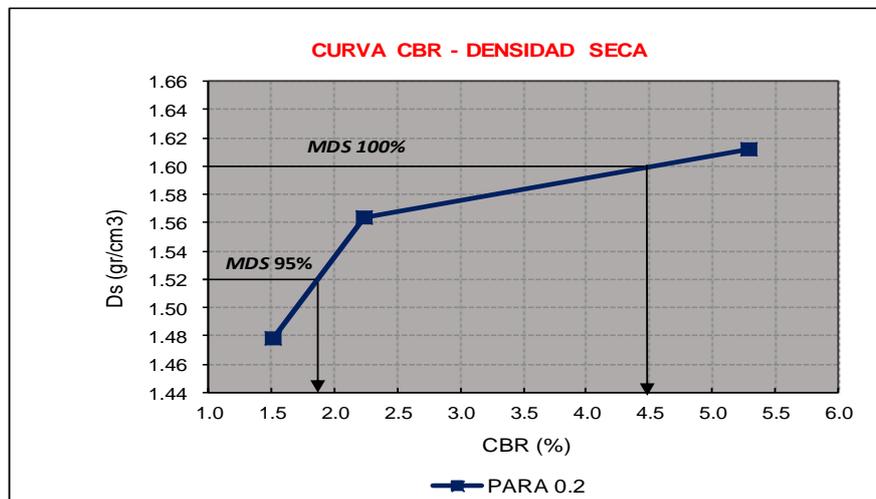
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00	0.000	0.000	0.00
24	1	3.260	3.260	2.91	2.595	2.595	2.32	2.644	2.644	2.36
48	2	4.240	4.240	3.79	3.102	3.102	2.77	3.108	3.108	2.78
72	3	5.221	5.221	4.66	4.143	4.143	3.70	4.313	4.313	3.85
96	4	5.396	5.396	4.82	4.270	4.270	3.81	4.371	4.371	3.90

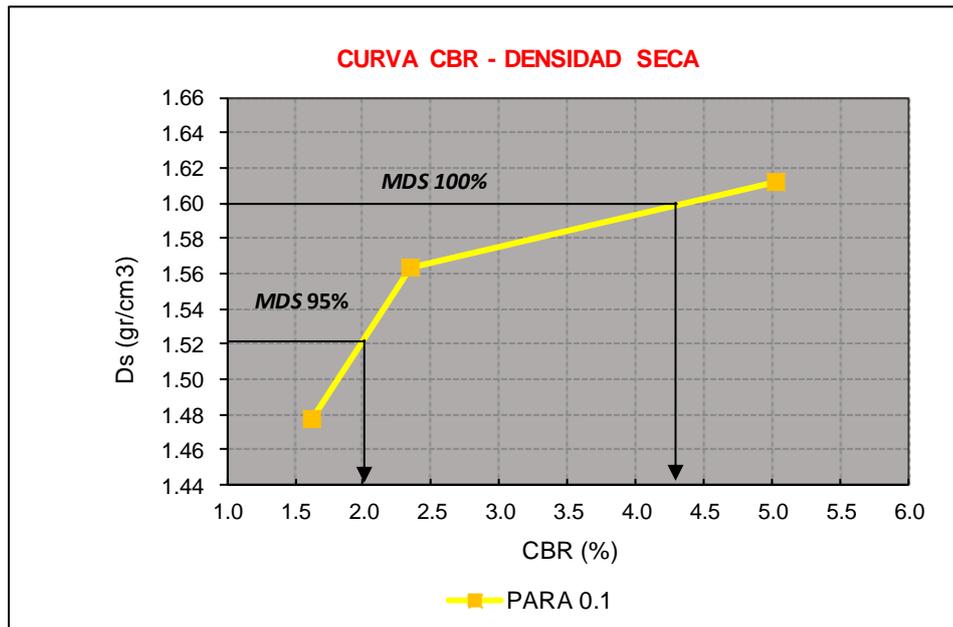
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE Nº1</b>			<b>MOLDE Nº2</b>			<b>MOLDE Nº3</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.55	7.75	0.54	15.24	11.20	0.79	21.09	15.50	1.09
1.27	0.050	14.78	10.86	0.76	21.89	16.08	1.13	37.95	27.89	1.96
1.91	0.075	19.37	14.23	1.00	27.37	20.11	1.41	52.79	38.79	2.73
2.54	0.100	22.05	16.20	1.14	31.88	23.43	1.65	68.54	50.37	3.54
3.18	0.125	24.82	18.24	1.28	35.55	26.12	1.84	78.62	57.77	4.06
3.81	0.150	27.45	20.17	1.42	39.13	28.75	2.02	90.75	66.69	4.69
5.08	0.200	30.70	22.56	1.59	45.64	33.54	2.36	108.17	79.49	5.59
7.62	0.300	37.29	27.40	1.93	61.79	45.40	3.19	147.57	108.44	7.62
10.16	0.400	46.31	34.03	2.39	74.10	54.45	3.83	179.34	131.79	9.27
12.70	0.500	52.74	38.75	2.72	86.35	63.45	4.46	200.46	147.31	10.36



MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACION (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	16.20	22.56	23.43	33.54	50.37	79.49
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.62	1.50	2.34	2.24	5.04	5.30

MOLDE N°	MOLDE N° 01		MOLDE N° 02		MOLDE N° 03	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.62		2.34		5.04	
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.50		2.24		5.30	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.48		1.56		1.61	





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	2.0%
		CBR(0.2)"	<b>1.8%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	<b>4.3%</b>
		CBR(0.2)"	4.5%

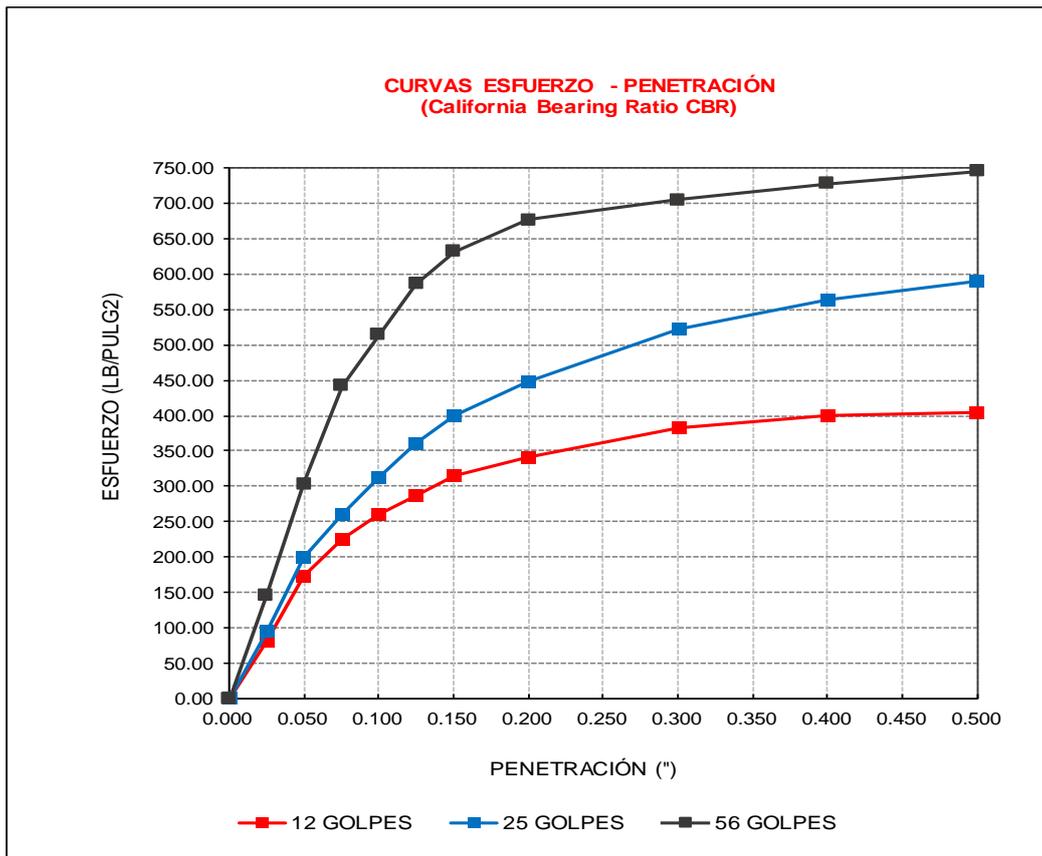
**ANEXO 66: Resultados del ensayo CBR con 2% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 0.80m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 2% Cemento
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 0.80m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
ASTM D 1883			California Bearing Ratio			
NTP 339.145			Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11225.00	11685.00	11375.00	11770.00	11565.00	11915.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3980.00	4440.00	4190.00	4585.00	4315.00	4665.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.68	1.88	1.77	1.94	1.82	1.97			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	195.88	202.87	195.48	202.34	196.41	190.32	196.33	199.51	213.48
Peso Seco + Tara	171.34	176.24	162.88	179.45	173.98	158.97	168.53	170.76	179.85
Peso Agua (gr)	24.54	26.63	32.60	22.89	22.43	31.35	27.80	28.75	33.63
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	142.22	148.13	127.15	151.87	146.50	131.49	139.84	146.12	151.15
Cont. Humedad (%)	17.25	17.98	25.64	15.07	15.31	23.84	19.88	19.68	22.25
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>17.62</b>	<b>25.64</b>	<b>15.19</b>	<b>23.84</b>	<b>19.78</b>	<b>22.25</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.43</b>	<b>1.49</b>	<b>1.54</b>	<b>1.56</b>	<b>1.52</b>	<b>1.61</b>			

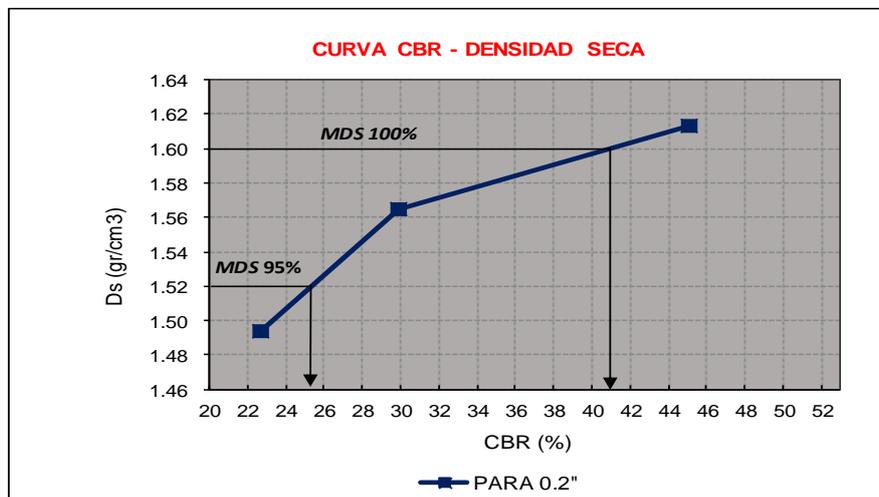
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	1.387	0.000	0.00	6.831	0.000	0.00	7.346	0.000	0.00
24	1	3.890	2.503	2.23	3.419	3.412	3.05	3.286	4.060	3.63
48	2	4.752	3.365	3.00	3.775	3.056	2.73	3.665	3.681	3.29
72	3	5.773	4.386	3.92	4.683	2.148	1.92	4.874	2.472	2.21
96	4	5.910	4.523	4.04	4.746	2.085	1.86	4.997	2.349	2.10

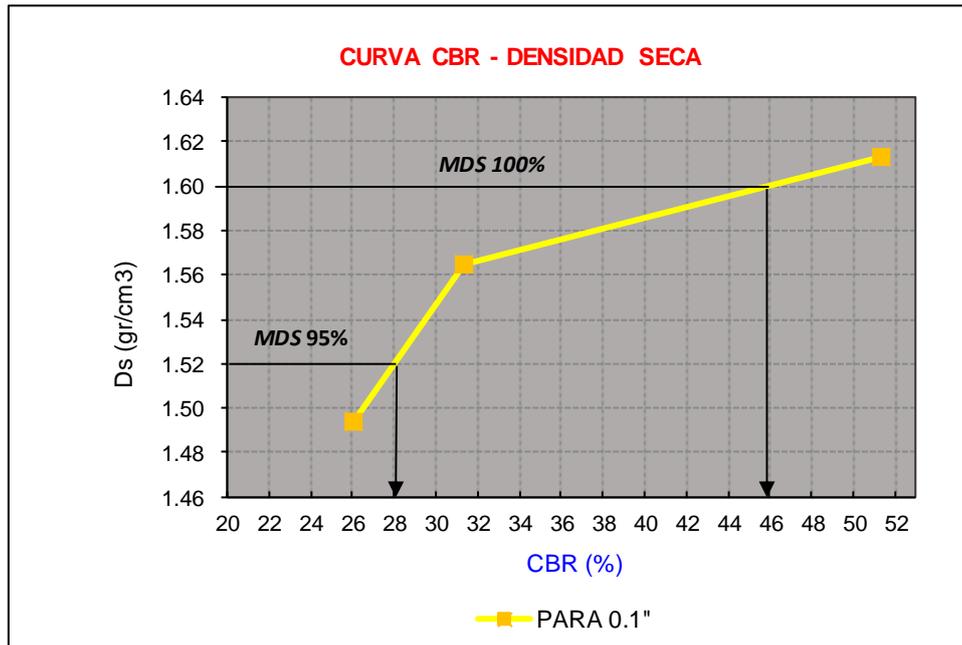
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	112.43	82.62	5.81	129.31	95.02	6.68	198.64	145.97	10.26
1.27	0.050	234.76	172.51	12.13	271.48	199.50	14.03	413.42	303.80	21.36
1.91	0.075	306.87	225.50	15.85	355.66	261.36	18.38	601.56	442.06	31.08
2.54	0.100	354.23	260.31	18.30	426.78	313.62	22.05	698.76	513.48	36.10
3.18	0.125	389.98	286.58	20.15	491.54	361.21	25.40	797.45	586.01	41.20
3.81	0.150	427.24	313.96	22.07	543.87	399.66	28.10	860.03	631.99	44.43
5.08	0.200	463.76	340.79	23.96	609.98	448.24	31.52	920.98	676.78	47.58
7.62	0.300	519.35	381.64	26.83	710.82	522.35	36.73	959.92	705.40	49.60
10.16	0.400	544.65	400.24	28.14	766.29	563.11	39.59	989.71	727.29	51.13
12.70	0.500	551.34	405.15	28.49	803.19	590.22	41.50	1013.86	745.03	52.38



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	260.31	340.79	313.62	448.24	513.48	676.78
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	26.03	22.72	31.36	29.88	51.35	45.12

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	26.03	31.36	51.35
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	22.72	29.88	45.12
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.49	1.56	1.61





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	28.0%
		CBR(0.2)"	<b>25.4%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	46.0%
		CBR(0.2)"	<b>41.2%</b>

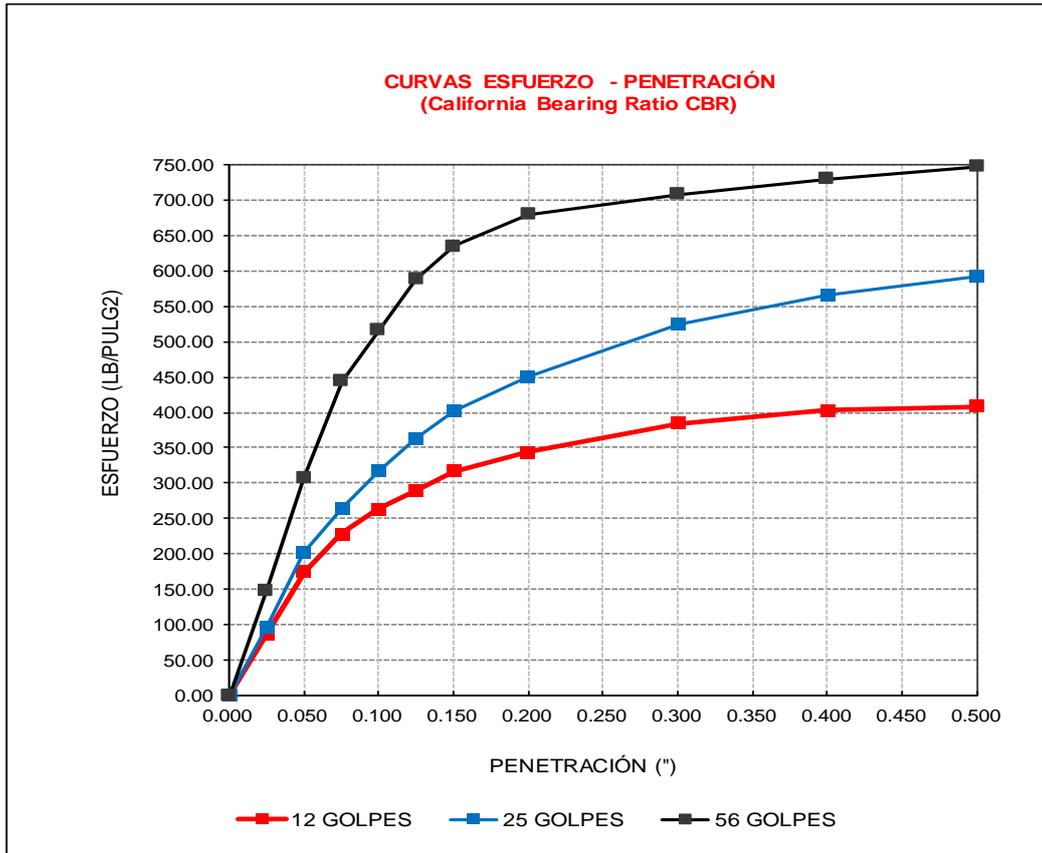
**ANEXO 67: Resultados del ensayo CBR con 2% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 0.80m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	CBR + 2% Cemento Estrato 0.80m - Prof.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11235.00	11695.00	11385.00	11780.00	11575.00	11925.00			
Peso Molde (gr)	7190.00	7190.00	7130.00	7130.00	7080.00	7080.00			
Peso Húmedo (gr)	4045.00	4505.00	4255.00	4650.00	4495.00	4845.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.71	1.90	1.80	1.97	1.90	2.05			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	201.42	208.41	201.02	207.88	201.95	195.86	201.87	205.05	219.02
Peso Seco + Tara	172.88	177.78	164.42	180.99	175.52	160.51	170.07	172.30	181.39
Peso Agua (gr)	28.54	30.63	36.60	26.89	26.43	35.35	31.80	32.75	37.63
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	42.70
P. Muestra Seca	143.76	149.67	128.69	153.41	148.04	133.03	141.38	147.66	138.69
Cont. Humedad (%)	19.85	20.47	28.44	17.53	17.85	26.57	22.49	22.18	27.13
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>20.16</b>		<b>28.44</b>	<b>17.69</b>		<b>26.57</b>	<b>22.34</b>		<b>27.13</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.42</b>		<b>1.48</b>	<b>1.53</b>		<b>1.55</b>	<b>1.55</b>		<b>1.61</b>

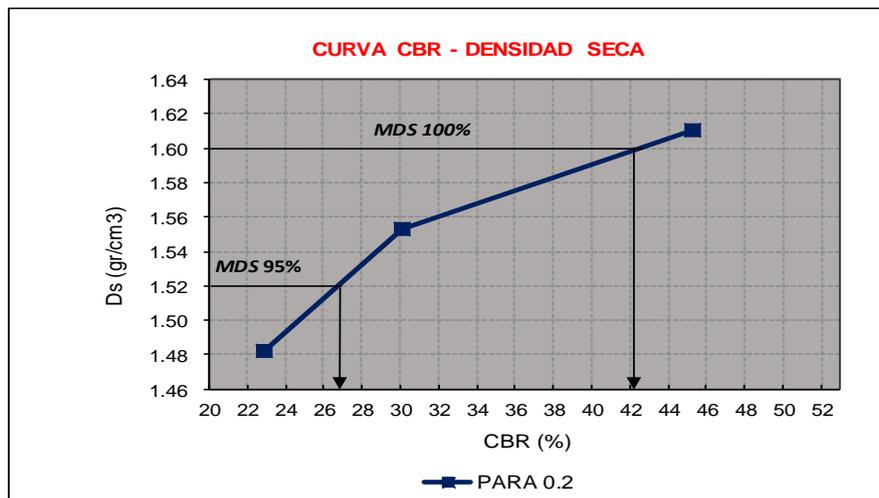
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO	DEFORM.	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			(Hs)	(Días)		(mm)	(%)		(mm)	(%)
0	0	1.951	0.564	0.50	7.395	0.000	0.00	7.910	0.000	0.00
24	1	4.454	3.067	2.74	3.983	2.848	2.54	3.850	3.496	3.12
48	2	5.316	3.929	3.51	4.339	2.492	2.23	4.229	3.117	2.78
72	3	6.337	4.950	4.42	5.247	1.584	1.41	5.438	1.908	1.70
96	4	6.474	5.087	4.54	5.310	1.521	1.36	5.561	1.785	1.59

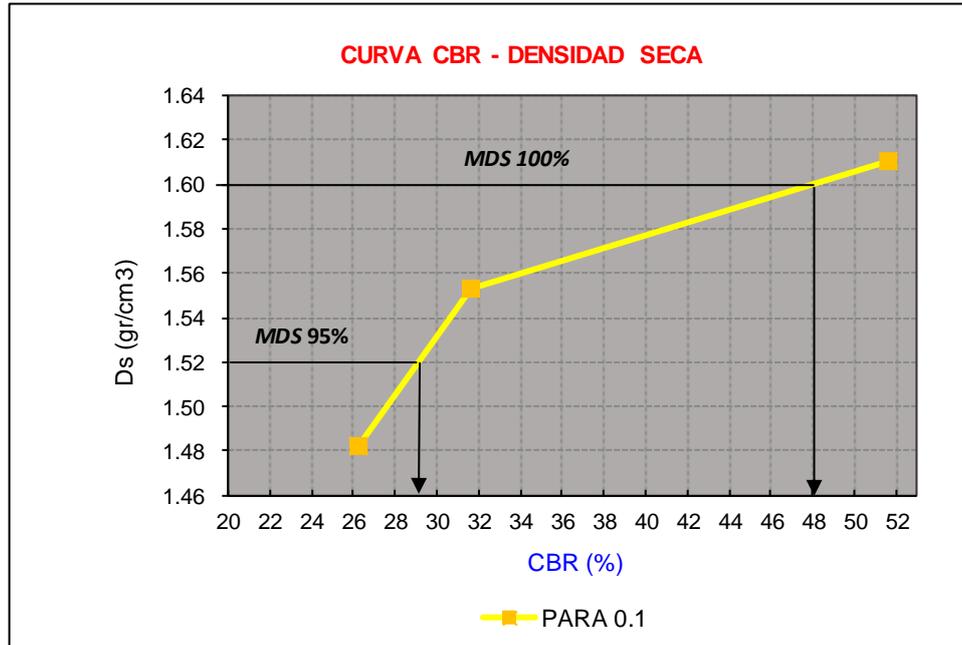
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	115.97	85.22	5.99	132.85	97.62	6.86	202.18	148.57	10.45
1.27	0.050	238.30	175.11	12.31	275.02	202.10	14.21	416.96	306.40	21.54
1.91	0.075	310.41	228.10	16.04	359.20	263.96	18.56	605.10	444.66	31.26
2.54	0.100	357.77	262.91	18.48	430.32	316.22	22.23	702.30	516.08	36.29
3.18	0.125	393.52	289.18	20.33	495.08	363.81	25.58	800.99	588.61	41.38
3.81	0.150	430.78	316.56	22.26	547.41	402.26	28.28	863.57	634.59	44.62
5.08	0.200	467.30	343.39	24.14	613.52	450.84	31.70	924.52	679.38	47.77
7.62	0.300	522.89	384.25	27.02	714.36	524.95	36.91	963.46	708.00	49.78
10.16	0.400	548.19	402.84	28.32	769.83	565.71	39.77	993.25	729.89	51.32
12.70	0.500	554.88	407.75	28.67	806.73	592.82	41.68	1017.40	747.64	52.57



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	262.91	343.39	316.22	450.84	516.08	679.38
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	26.29	22.89	31.62	30.06	51.61	45.29

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	26.29	31.62	51.61
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	22.89	30.06	45.29
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.48	1.55	1.61





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	29.2%
		CBR(0.2)"	<b>27.2%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	48.0%
		CBR(0.2)"	<b>42.1%</b>

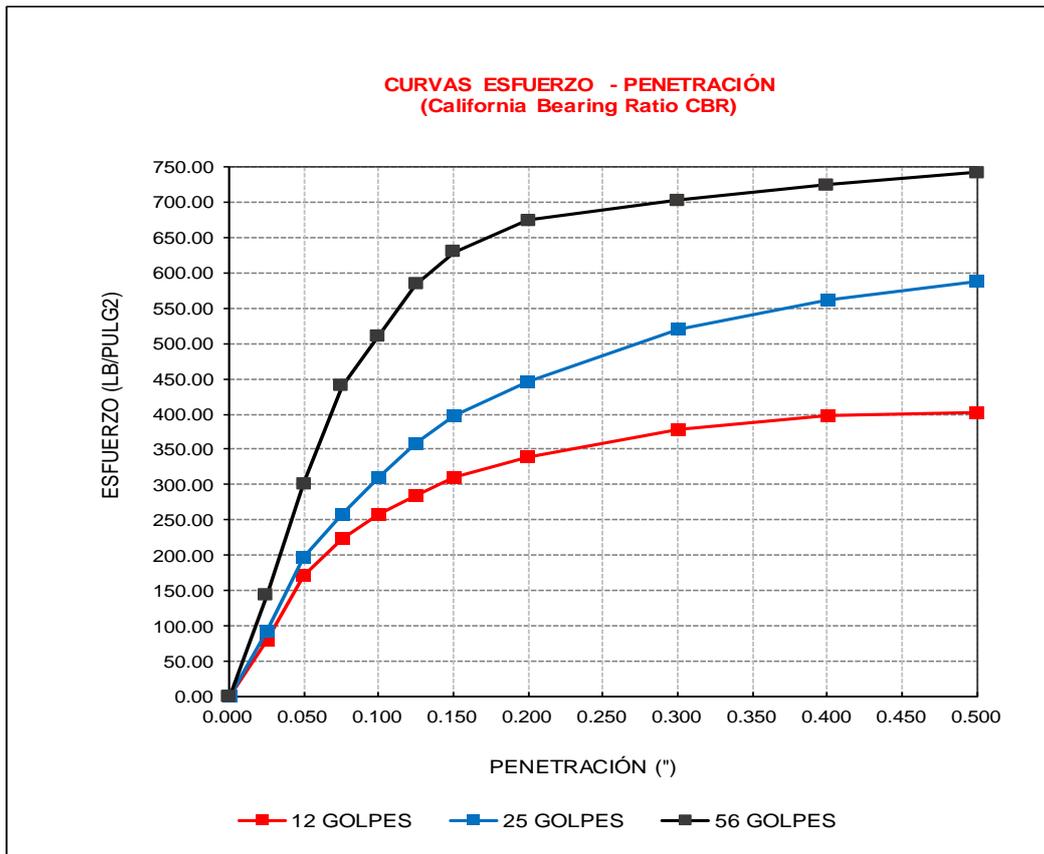
**ANEXO 68: Resultados del ensayo CBR con 2% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 0.80m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 2% Cemento
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 0.80m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	11230.00		11690.00	11380.00		11775.00	11570.00		11920.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	4040.00		4500.00	4250.00		4645.00	4490.00		4840.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.71		1.90	1.80		1.96	1.90		2.05
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	195.47	202.46	195.07	201.93	196.00	189.91	195.92	199.10	213.07
Peso Seco + Tara	167.80	172.70	159.34	175.91	170.44	155.43	164.99	167.22	176.31
Peso Agua (gr)	27.67	29.76	35.73	26.02	25.56	34.48	30.93	31.88	36.76
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	36.73	27.58	27.48	32.48	28.69	24.64	42.70
P. Muestra Seca	138.68	144.59	122.61	148.33	142.96	122.95	136.30	142.58	133.61
Cont. Humedad (%)	19.95	20.58	29.14	17.54	17.88	28.04	22.69	22.36	27.51
Cont.Hum.Prom.	20.27		29.14	17.71		28.04	22.53		27.51
DENSIDAD SECA	1.42		1.47	1.53		1.53	1.55		1.60

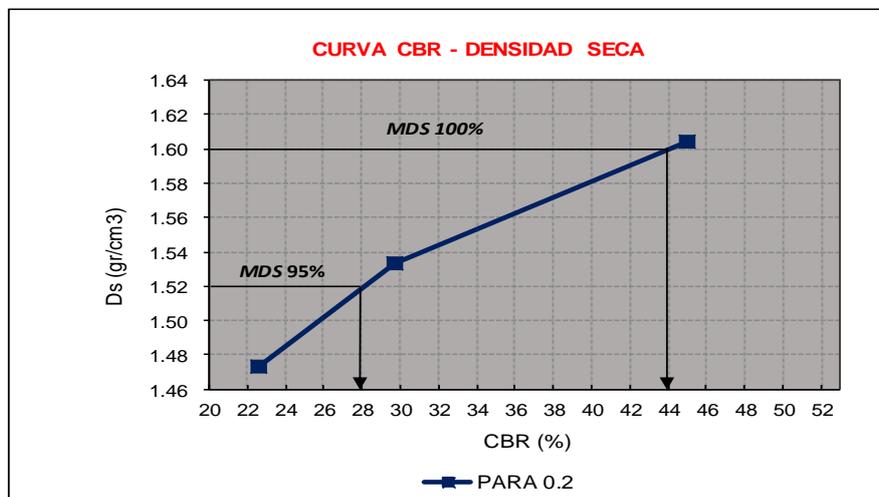
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO	(Hs)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
			DEFORM.	(mm)		(%)	DEFORM.		(mm)	(%)
0	0	0.823	0.564	0.50	6.267	0.000	0.00	6.782	0.000	0.00
24	1	3.326	1.939	1.73	2.855	3.976	3.55	2.722	4.624	4.13
48	2	4.188	2.801	2.50	3.211	3.620	3.23	3.101	4.245	3.79
72	3	5.209	3.822	3.41	4.119	2.712	2.42	4.310	3.036	2.71
96	4	5.346	3.959	3.53	4.182	2.649	2.37	4.433	2.913	2.60

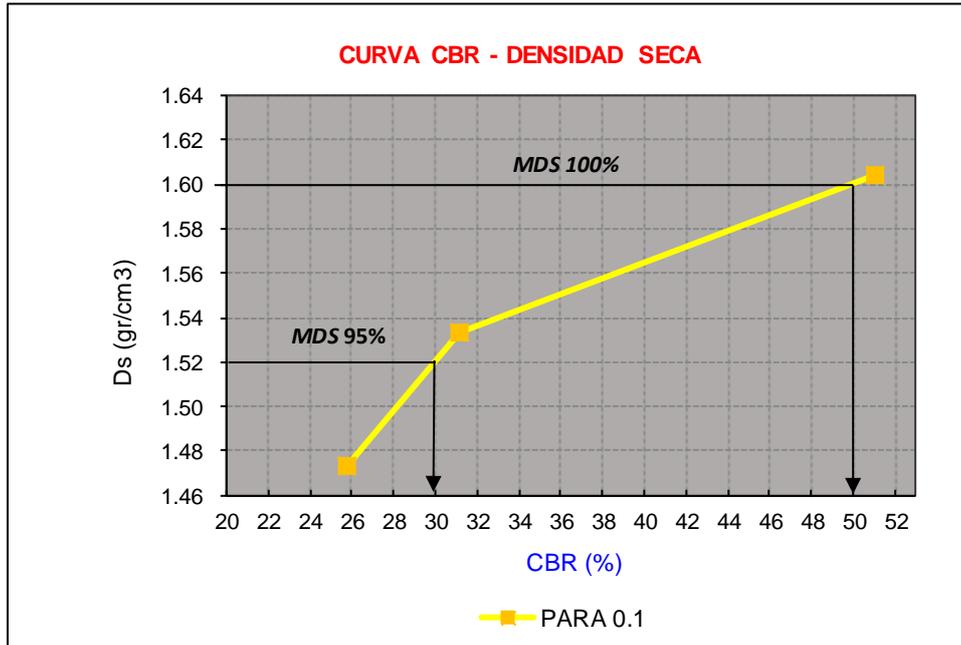
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
			kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>		kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>		Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	108.89	80.02	5.63	125.77	92.42	6.50	195.10	143.37	10.08
1.27	0.050	231.22	169.91	11.95	267.94	196.90	13.84	409.88	301.20	21.18
1.91	0.075	303.33	222.90	15.67	352.12	258.75	18.19	598.02	439.45	30.90
2.54	0.100	350.69	257.70	18.12	423.24	311.02	21.87	695.22	510.88	35.92
3.18	0.125	386.44	283.97	19.97	488.00	358.61	25.21	793.91	583.40	41.02
3.81	0.150	423.70	311.36	21.89	540.33	397.06	27.92	856.49	629.39	44.25
5.08	0.200	460.22	338.19	23.78	606.44	445.64	31.33	917.44	674.18	47.40
7.62	0.300	515.81	379.04	26.65	707.28	519.74	36.54	956.38	702.79	49.41
10.16	0.400	541.11	397.63	27.96	762.75	560.51	39.41	986.17	724.69	50.95
12.70	0.500	547.80	402.55	28.30	799.65	587.62	41.31	1010.32	742.43	52.20



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	257.70	338.19	311.02	445.64	510.88	674.18
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	25.77	22.55	31.10	29.71	51.09	44.95

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	25.77	31.10	51.09
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	22.55	29.71	44.95
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.47	1.53	1.60





Dsmáx	1.60	gr/cm3	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	30.0%
		CBR(0.2)"	<b>28.0%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	50.0%
		CBR(0.2)"	<b>44.0%</b>

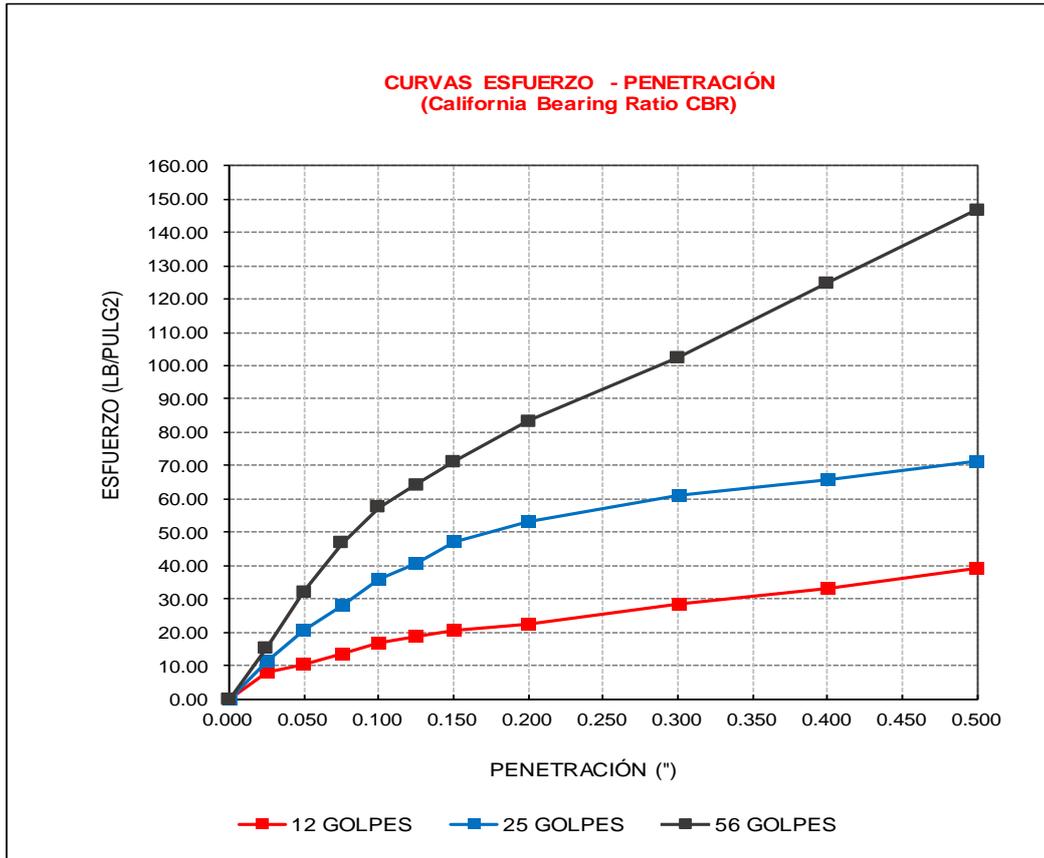
**ANEXO 69: Resultados del ensayo CBR con 2% Cal, de la Calicata 3- Est. 0.80m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio	
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)	

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11225.00	11680.00	11395.00	11878.85	11630.00	11960.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3980.00	4435.00	4210.00	4693.85	4380.00	4710.00			
Vol. Molde (cm3)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm3)	1.68	1.87	1.78	1.98	1.85	1.99			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	195.88	202.87	195.48	202.34	196.41	190.32	196.33	199.51	213.48
Peso Seco + Tara	171.34	176.24	162.88	179.45	173.98	153.97	168.53	170.76	179.85
Peso Agua (gr)	24.54	26.63	32.60	22.89	22.43	36.35	27.80	28.75	33.63
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	142.22	148.13	127.15	151.87	146.50	126.49	139.84	146.12	151.15
Cont. Humedad (%)	17.25	17.98	25.64	15.07	15.31	28.74	19.88	19.68	22.25
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>17.62</b>	<b>25.64</b>	<b>15.19</b>	<b>28.74</b>	<b>19.78</b>	<b>22.25</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.43</b>	<b>1.49</b>	<b>1.54</b>	<b>1.54</b>	<b>1.55</b>	<b>1.63</b>			

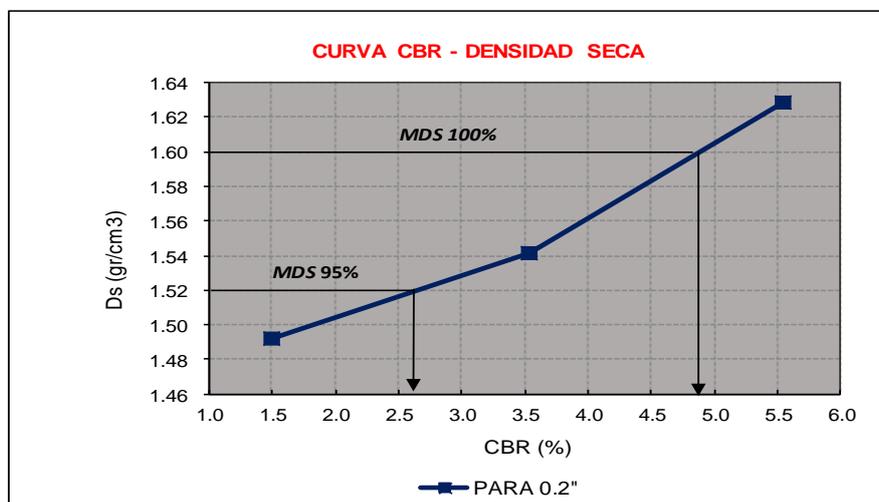
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	1.387	0.000	0.00	6.831	0.000	0.00	7.346	0.000	0.00
24	1	3.890	2.503	2.23	3.419	3.412	3.05	3.286	4.060	3.63
48	2	4.752	3.365	3.00	3.775	3.056	2.73	3.665	3.681	3.29
72	3	5.773	4.386	3.92	4.683	2.148	1.92	4.874	2.472	2.21
96	4	5.910	4.523	4.04	4.746	2.085	1.86	4.997	2.349	2.10

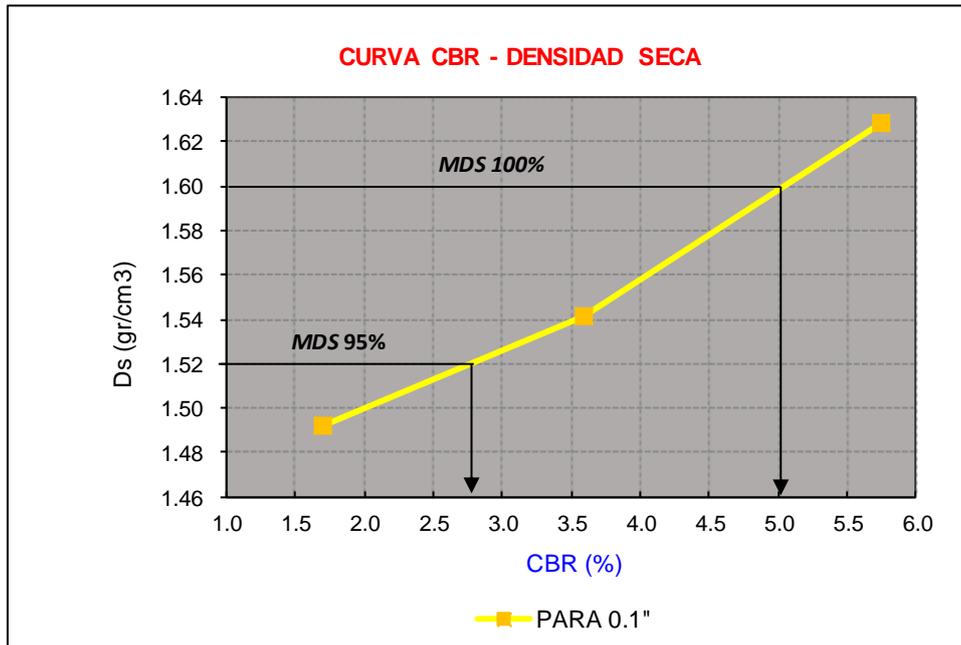
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	10.87	7.99	0.56	15.23	11.19	0.79	20.98	15.42	1.08
1.27	0.050	14.46	10.63	0.75	27.89	20.49	1.44	43.65	32.08	2.26
1.91	0.075	18.74	13.77	0.97	38.01	27.93	1.96	63.78	46.87	3.30
2.54	0.100	23.12	16.99	1.19	48.79	35.85	2.52	78.19	57.46	4.04
3.18	0.125	25.74	18.92	1.33	55.32	40.65	2.86	87.43	64.25	4.52
3.81	0.150	27.89	20.49	1.44	63.89	46.95	3.30	97.13	71.38	5.02
5.08	0.200	30.51	22.42	1.58	72.12	53.00	3.73	113.31	83.27	5.85
7.62	0.300	38.66	28.41	2.00	83.45	61.32	4.31	139.27	102.34	7.20
10.16	0.400	45.44	33.39	2.35	89.77	65.97	4.64	169.66	124.67	8.77
12.70	0.500	53.16	39.06	2.75	97.44	71.60	5.03	199.45	146.57	10.30



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	16.99	22.42	35.85	53.00	57.46	83.27
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.70	1.49	3.59	3.53	5.75	5.55

MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.70		3.59		5.75	
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.49		3.53		5.55	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.49		1.54		1.63	





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	2.8%
		CBR(0.2)"	<b>2.6%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	5.0%
		CBR(0.2)"	<b>4.9%</b>

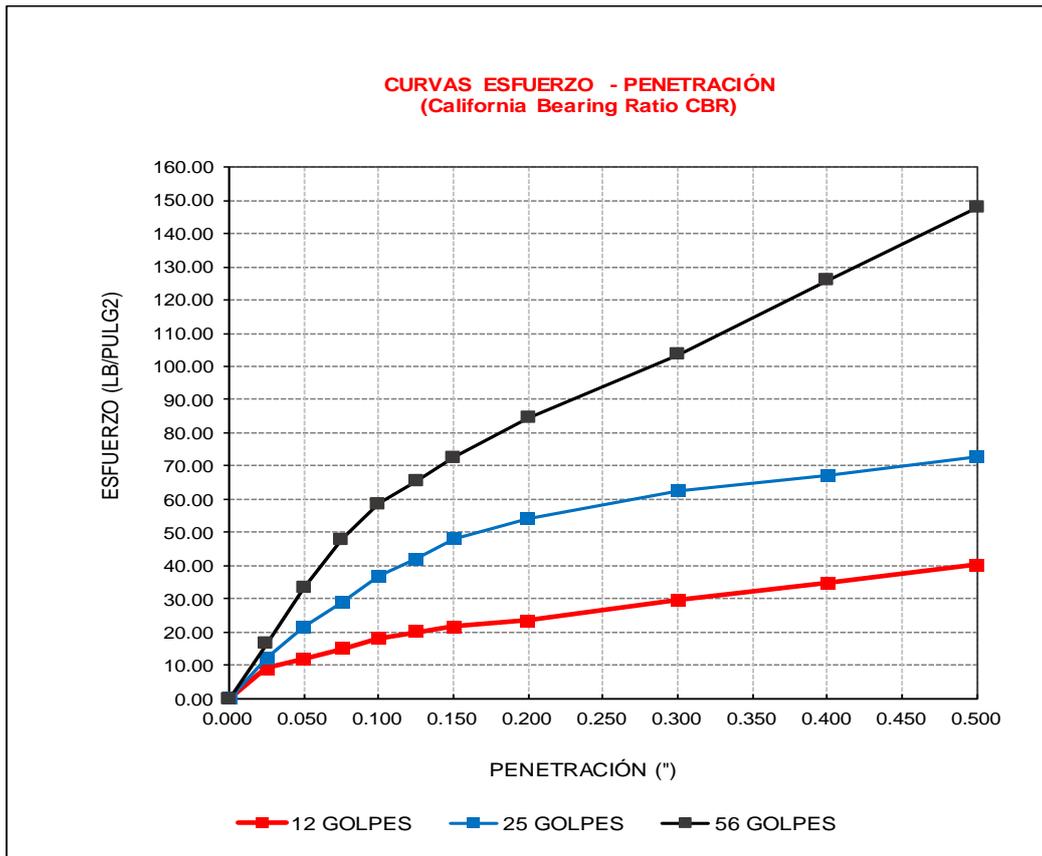
**ANEXO 70: Resultados del ensayo CBR con 2% Cal, de la Calicata 3- Est. 0.80m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio	
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)	

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	11220.00		11675.00	11390.00		11860.00	11625.00		11955.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	4030.00		4485.00	4260.00		4730.00	4545.00		4875.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.70		1.90	1.80		2.00	1.92		2.06
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	201.47	208.46	201.07	207.93	202.00	195.91	201.92	205.10	219.07
Peso Seco + Tara	174.93	179.83	166.47	183.04	177.57	157.56	172.12	174.35	183.44
Peso Agua (gr)	26.54	28.63	34.60	24.89	24.43	38.35	29.80	30.75	35.63
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	42.70
P. Muestra Seca	145.81	151.72	130.74	155.46	150.09	130.08	143.43	149.71	140.74
Cont. Humedad (%)	18.20	18.87	26.46	16.01	16.28	29.48	20.78	20.54	25.32
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>18.54</b>		<b>26.46</b>	<b>16.14</b>		<b>29.48</b>	<b>20.66</b>		<b>25.32</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.44</b>		<b>1.50</b>	<b>1.55</b>		<b>1.54</b>	<b>1.59</b>		<b>1.64</b>

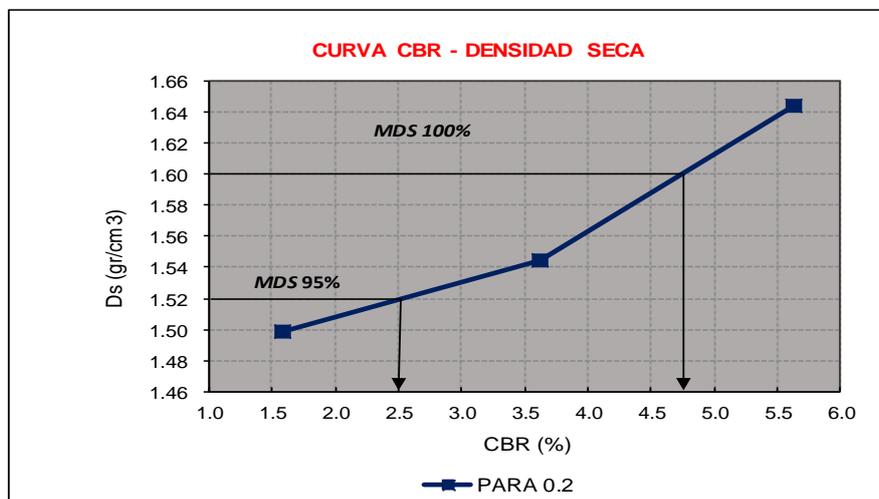
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE Nº4			MOLDE Nº5			MOLDE Nº6		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	2.951	1.564	1.40	8.395	0.000	0.00	8.910	0.000	0.00
24	1	5.454	4.067	3.63	4.983	1.848	1.65	4.850	2.496	2.23
48	2	6.316	4.929	4.40	5.339	1.492	1.33	5.229	2.117	1.89
72	3	7.337	5.950	5.31	6.247	0.584	0.52	6.438	0.908	0.81
96	4	7.474	6.087	5.43	6.310	0.521	0.47	6.561	0.785	0.70

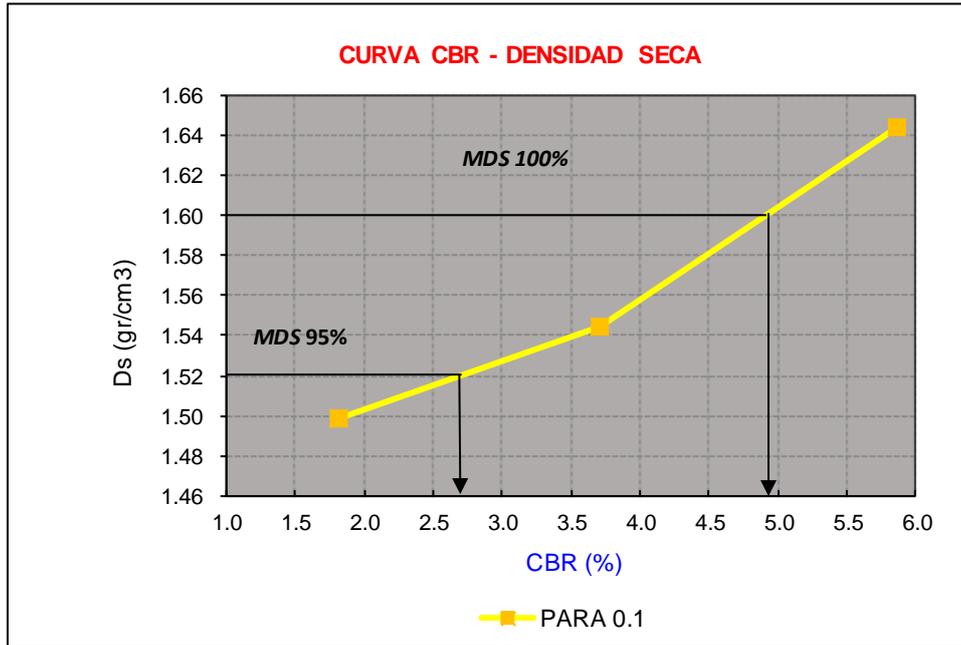
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE Nº4			MOLDE Nº5			MOLDE Nº6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	12.54	9.22	0.65	16.90	12.42	0.87	22.65	16.64	1.17
1.27	0.050	16.13	11.85	0.83	29.56	21.72	1.53	45.32	33.30	2.34
1.91	0.075	20.41	15.00	1.05	39.68	29.16	2.05	65.45	48.10	3.38
2.54	0.100	24.79	18.22	1.28	50.46	37.08	2.61	79.86	58.69	4.13
3.18	0.125	27.41	20.14	1.42	56.99	41.88	2.94	89.10	65.48	4.60
3.81	0.150	29.56	21.72	1.53	65.56	48.18	3.39	98.80	72.60	5.10
5.08	0.200	32.18	23.65	1.66	73.79	54.22	3.81	114.98	84.49	5.94
7.62	0.300	40.33	29.64	2.08	85.12	62.55	4.40	140.94	103.57	7.28
10.16	0.400	47.11	34.62	2.43	91.44	67.19	4.72	171.33	125.90	8.85
12.70	0.500	54.83	40.29	2.83	99.11	72.83	5.12	201.12	147.79	10.39



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	18.22	23.65	37.08	54.22	58.69	84.49
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.82	1.58	3.71	3.61	5.87	5.63

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.82	3.71	5.87
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.58	3.61	5.63
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.50	1.54	1.64





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	2.7%
		CBR(0.2)"	<b>2.5%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	4.9%
		CBR(0.2)"	<b>4.8%</b>

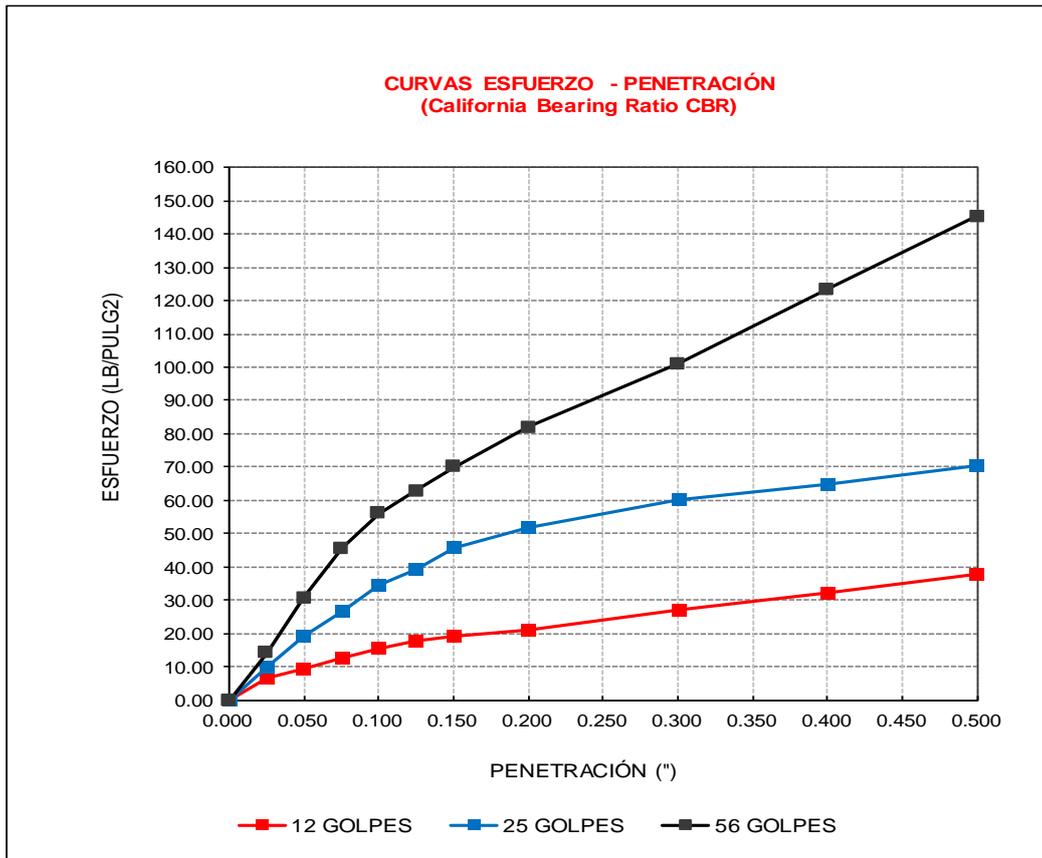
**ANEXO 71: Resultados del ensayo CBR con 2% Cal, de la Calicata 3- Est. 0.80m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 2% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 0.80m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	11200.00		11660.00	11350.00		11745.00	11540.00		11890.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	4010.00		4470.00	4220.00		4615.00	4460.00		4810.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.69		1.89	1.78		1.95	1.89		2.03
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	189.19	196.18	188.79	195.65	189.72	183.63	189.64	192.82	206.79
Peso Seco + Tara	167.75	172.65	159.29	175.86	170.39	150.38	164.94	167.17	176.26
Peso Agua (gr)	21.44	23.53	29.50	19.79	19.33	33.25	24.70	25.65	30.53
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	48.73	27.58	27.48	32.48	28.69	24.64	54.90
P. Muestra Seca	138.63	144.54	110.56	148.28	142.91	117.90	136.25	142.53	121.36
Cont. Humedad (%)	15.47	16.28	26.68	13.35	13.53	28.20	18.13	18.00	25.16
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>15.87</b>		<b>26.68</b>	<b>13.44</b>		<b>28.20</b>	<b>18.06</b>		<b>25.16</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.46</b>		<b>1.49</b>	<b>1.57</b>		<b>1.53</b>	<b>1.60</b>		<b>1.62</b>

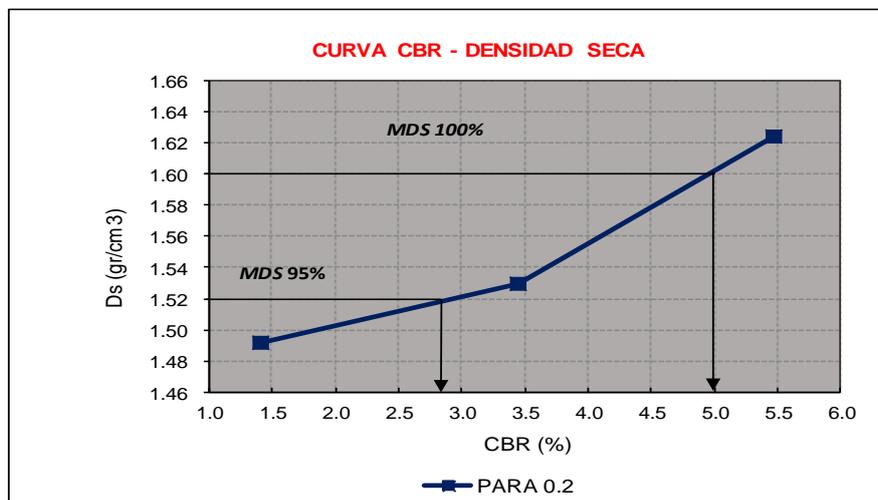
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
(Hs)	(Días)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	0.633	0.754	0.67	6.077	0.000	0.00	6.592	0.000	0.00
24	1	3.136	1.749	1.56	2.665	4.166	3.72	2.532	4.814	4.30
48	2	3.998	2.611	2.33	3.021	3.810	3.40	2.911	4.435	3.96
72	3	5.019	3.632	3.24	3.929	2.902	2.59	4.120	3.226	2.88
96	4	5.156	3.769	3.37	3.992	2.839	2.53	4.243	3.103	2.77

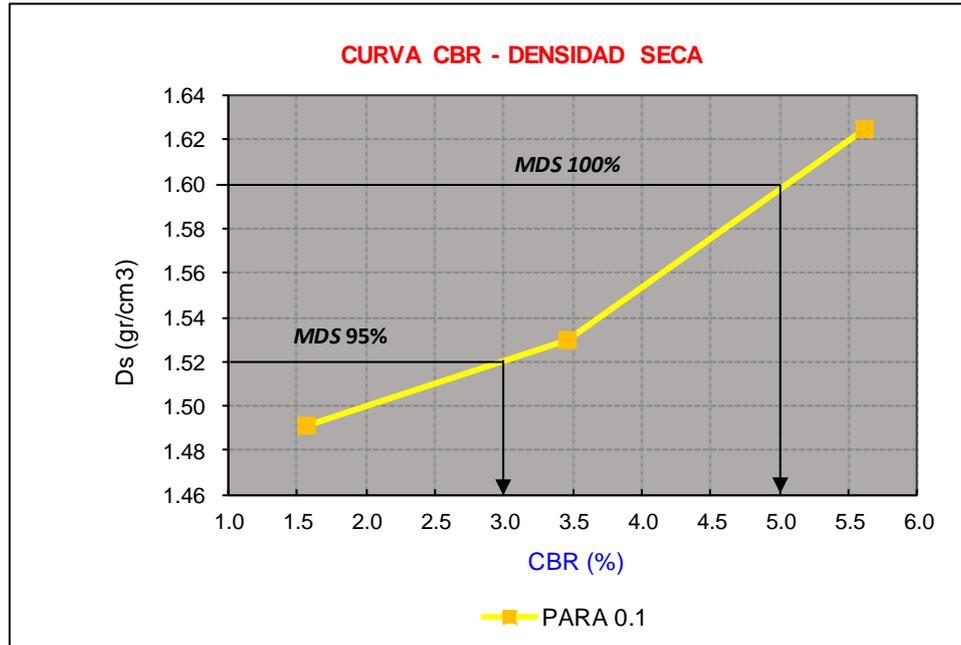
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	9.17	6.74	0.47	13.53	9.94	0.70	19.28	14.17	1.00
1.27	0.050	12.76	9.38	0.66	26.19	19.25	1.35	41.95	30.83	2.17
1.91	0.075	17.04	12.52	0.88	36.31	26.68	1.88	62.08	45.62	3.21
2.54	0.100	21.42	15.74	1.11	47.09	34.60	2.43	76.49	56.21	3.95
3.18	0.125	24.04	17.67	1.24	53.62	39.40	2.77	85.73	63.00	4.43
3.81	0.150	26.19	19.25	1.35	62.19	45.70	3.21	95.43	70.13	4.93
5.08	0.200	28.81	21.17	1.49	70.42	51.75	3.64	111.61	82.02	5.77
7.62	0.300	36.96	27.16	1.91	81.75	60.07	4.22	137.57	101.09	7.11
10.16	0.400	43.74	32.14	2.26	88.07	64.72	4.55	167.96	123.43	8.68
12.70	0.500	51.46	37.82	2.66	95.74	70.35	4.95	197.75	145.32	10.22



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	15.74	21.17	34.60	51.75	56.21	82.02
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.57	1.41	3.46	3.45	5.62	5.47

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.57	3.46	5.62
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.41	3.45	5.47
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.49	1.53	1.62





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	3.0%
		CBR(0.2)"	<b>2.8%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	5.0%
		CBR(0.2)"	<b>5.0%</b>

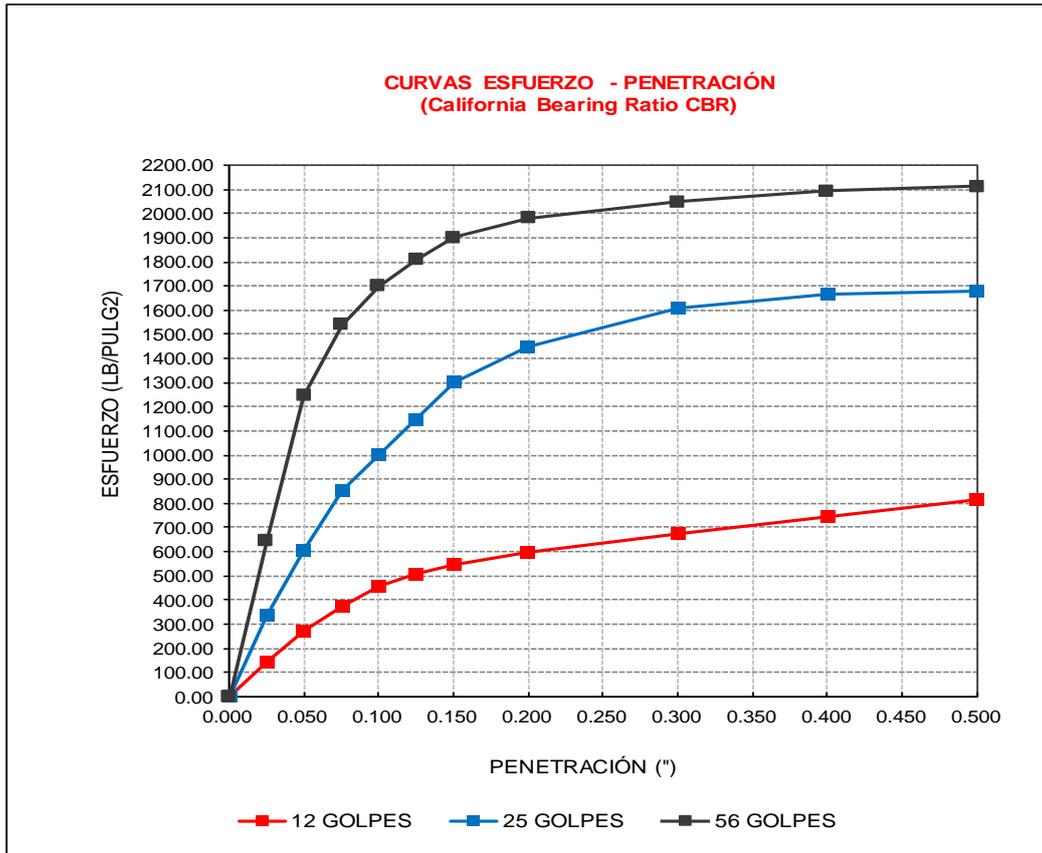
**ANEXO 72: Resultados del ensayo CBR con 4% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 0.80m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Sidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	CBR + 4% Cemento
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		Estrato 0.80m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
ASTM D 1883			California Bearing Ratio		
NTP 339.145			Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>							
P. Húm.+ Molde	11160.00	11525.00	11545.00	11800.00	11760.00	11980.00			
Peso Molde (gr)	7190.00	7190.00	7130.00	7130.00	7080.00	7080.00			
Peso Húmedo (gr)	3970.00	4335.00	4415.00	4670.00	4680.00	4900.00			
Vol. Molde (cm³)	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm³)	1.68	1.83	1.87	1.97	1.98	2.07			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	203.45	210.65	204.56	198.75	203.45	204.45	201.47	200.83	199.59
Peso Seco + Tara	173.34	179.24	174.88	159.45	163.98	170.97	170.53	168.76	162.05
Peso Agua (gr)	30.11	31.41	29.68	39.30	39.47	33.48	30.94	32.07	37.54
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	144.22	151.13	139.15	131.87	136.50	143.49	141.84	144.12	133.35
Cont. Humedad (%)	20.88	20.78	21.33	29.80	28.92	23.33	21.81	22.25	28.15
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>20.83</b>	<b>21.33</b>	<b>29.36</b>	<b>23.33</b>	<b>22.03</b>	<b>28.15</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.39</b>	<b>1.51</b>	<b>1.44</b>	<b>1.60</b>	<b>1.62</b>	<b>1.62</b>			

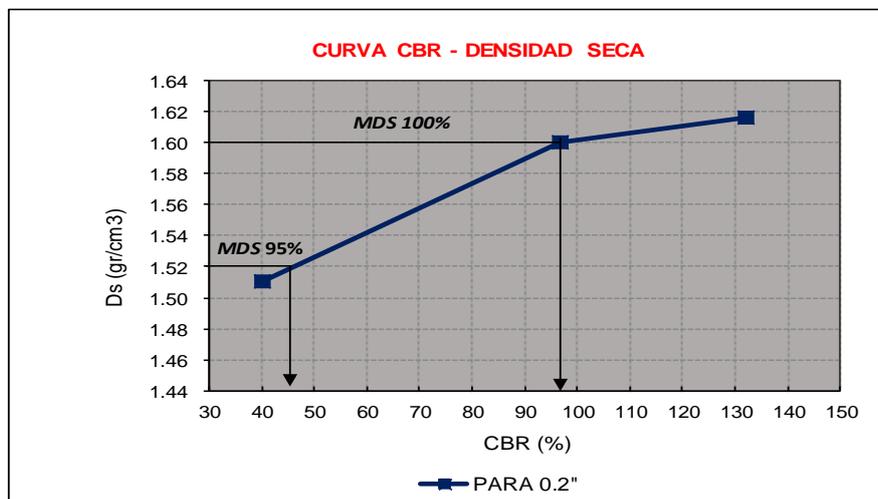
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE Nº4			MOLDE Nº5			MOLDE Nº6		
ACUMULADO (Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	1.450	0.000	0.00	6.843	0.000	0.00	7.091	0.000	0.00
24	1	4.425	2.975	2.66	4.567	2.276	2.03	4.851	2.240	2.00
48	2	5.213	3.763	3.36	4.231	2.612	2.33	4.445	2.646	2.36
72	3	6.429	4.979	4.45	3.987	2.856	2.55	3.402	3.689	3.29
96	4	6.691	5.241	4.68	3.501	3.342	2.98	3.892	3.199	2.86

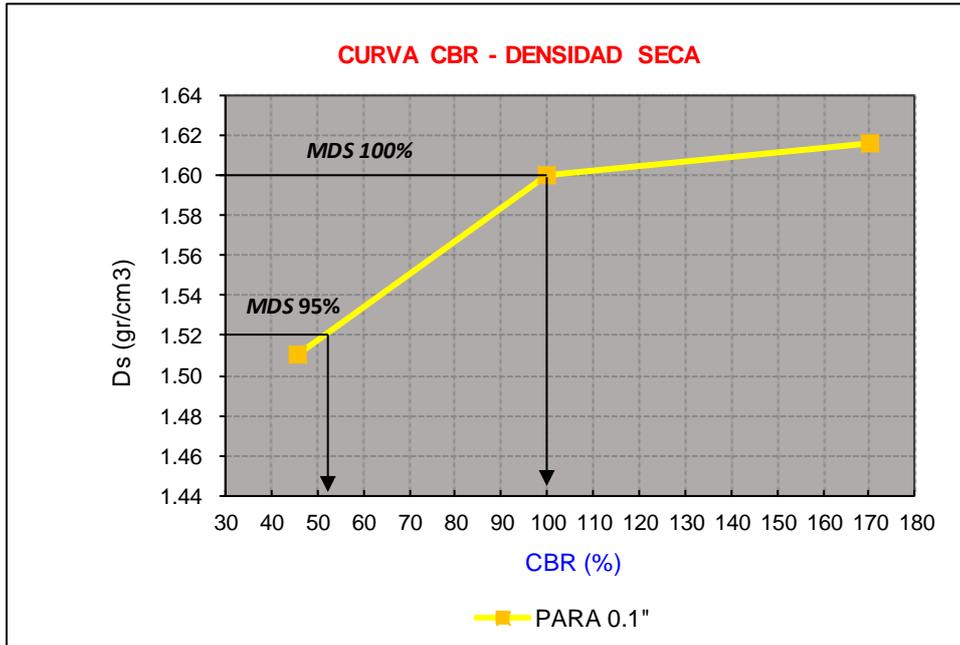
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE Nº4			MOLDE Nº5			MOLDE Nº6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm²	Lb/pulg²	kg/cm²	kg/cm²	Lb/pulg²	kg/cm²	kg/cm²	Lb/pulg²	kg/cm²
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	197.70	145.28	10.21	452.66	332.64	23.39	876.97	644.44	45.31
1.27	0.050	366.75	269.51	18.95	819.66	602.33	42.35	1696.66	1246.79	87.66
1.91	0.075	510.97	375.49	26.40	1160.66	852.91	59.97	2096.66	1540.73	108.33
2.54	0.100	622.95	457.77	32.19	1360.90	1000.06	70.31	2314.66	1700.93	119.59
3.18	0.125	690.67	507.54	35.68	1560.98	1147.08	80.65	2461.66	1808.95	127.18
3.81	0.150	747.66	549.42	38.63	1769.86	1300.58	91.44	2586.66	1900.80	133.64
5.08	0.200	817.11	600.45	42.22	1972.72	1449.65	101.92	2696.66	1981.64	139.33
7.62	0.300	921.53	677.19	47.61	2189.66	1609.07	113.13	2786.66	2047.77	143.98
10.16	0.400	1011.48	743.28	52.26	2266.66	1665.65	117.11	2849.66	2094.07	147.23
12.70	0.500	1113.22	818.05	57.52	2286.66	1680.35	118.14	2876.66	2113.91	148.63



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	457.77	600.45	1000.06	1449.65	1700.93	1981.64
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	45.78	40.03	100.01	96.64	170.09	132.11

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	45.78	100.01	170.09
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	40.03	96.64	132.11
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.51	1.60	1.62





Dsmáx	1.60	gr/cm3	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	51.0%
		CBR(0.2)"	<b>45.5%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	100.0%
		CBR(0.2)"	<b>99.0%</b>

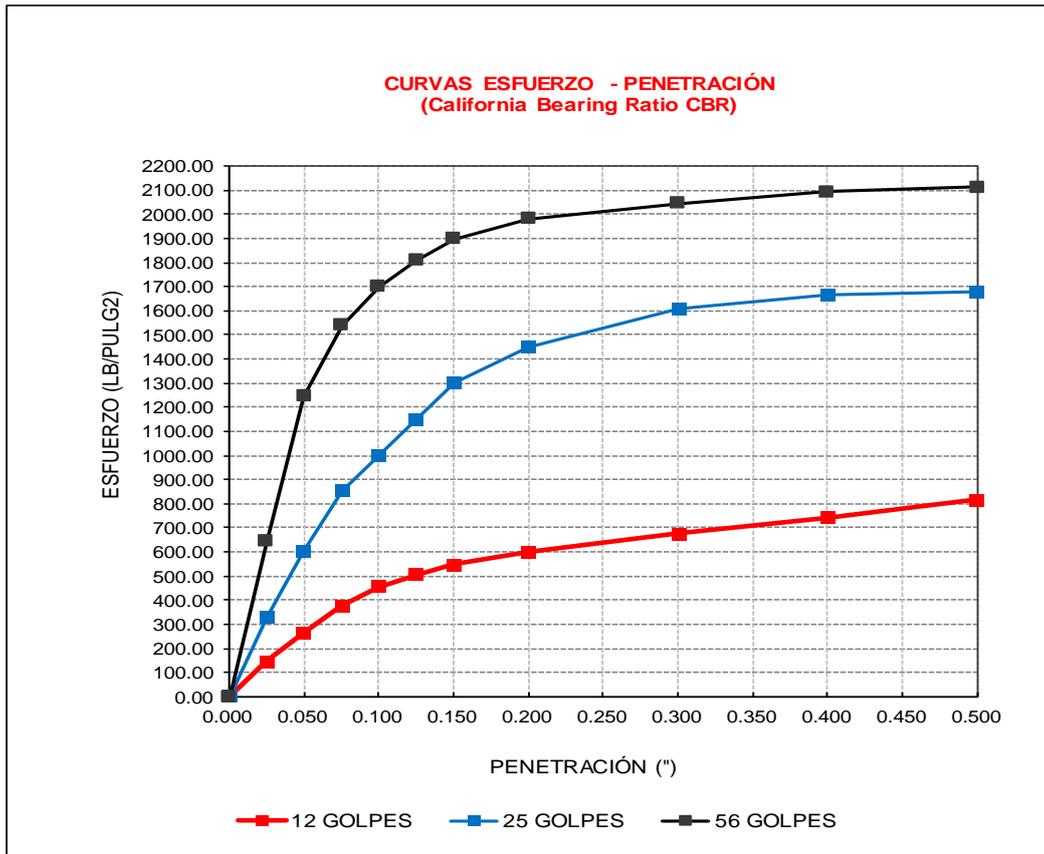
**ANEXO 73: Resultados del ensayo CBR con 4% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 0.80m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	CBR + 4% Cemento Estrato 0.80m - Prof.
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>	<b>DESPUES</b>	<b>DESPUES</b>						
P. Húm.+ Molde	11165.00	11530.00	11550.00	11805.00	11765.00	11985.00			
Peso Molde (gr)	7245.00	7245.00	7185.00	7185.00	7250.00	7250.00			
Peso Húmedo (gr)	3920.00	4285.00	4365.00	4620.00	4515.00	4735.00			
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89	2365.89			
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.66	1.81	1.84	1.95	1.91	2.00			
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	209.99	217.19	211.10	205.29	209.99	210.99	208.01	207.37	206.13
Peso Seco + Tara	175.16	181.06	176.70	161.27	165.80	172.79	172.35	170.58	163.87
Peso Agua (gr)	34.83	36.13	34.40	44.02	44.19	38.20	35.66	36.79	42.26
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	32.70
P. Muestra Seca	146.04	152.95	140.97	133.69	138.32	145.31	143.66	145.94	131.17
Cont. Humedad (%)	23.85	23.62	24.40	32.93	31.95	26.29	24.82	25.21	32.22
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>23.74</b>	<b>24.40</b>	<b>32.44</b>	<b>26.29</b>	<b>25.02</b>	<b>32.22</b>			
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.34</b>	<b>1.51</b>	<b>1.39</b>	<b>1.61</b>	<b>1.53</b>	<b>1.64</b>			

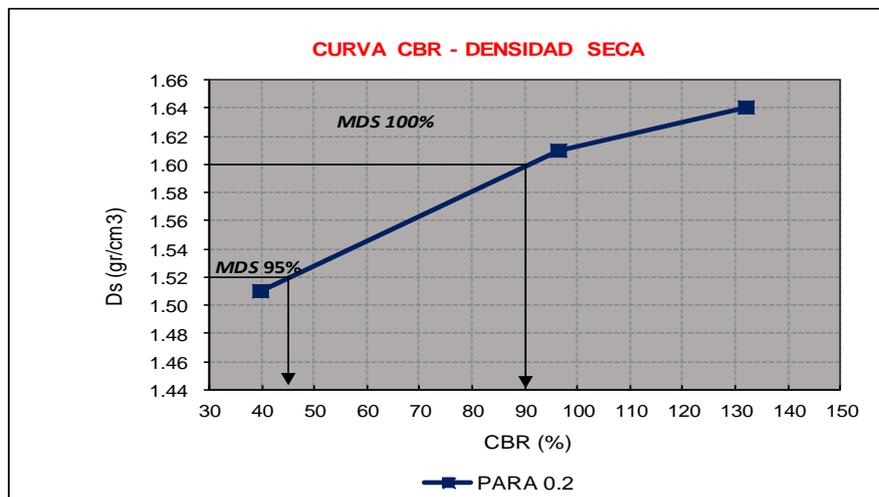
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
ACUMULADO	DEFORM.	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		(Hs)	(Días)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	
0	0	2.321	0.871	0.78	7.714	0.000	0.00	7.962	0.000	0.00
24	1	5.296	3.846	3.43	5.438	1.405	1.25	5.722	1.369	1.22
48	2	6.084	4.634	4.14	5.102	1.741	1.55	5.316	1.775	1.58
72	3	7.300	5.850	5.22	4.858	1.985	1.77	4.273	2.818	2.52
96	4	7.562	6.112	5.46	4.372	2.471	2.21	4.763	2.328	2.08

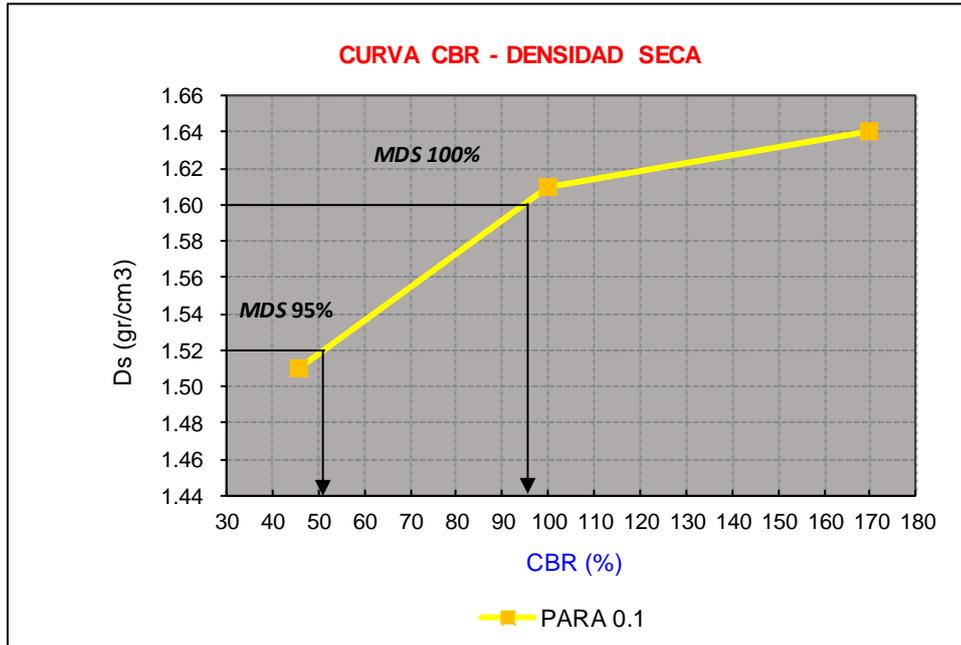
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE N°4			MOLDE N°5			MOLDE N°6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pulg <sup>2</sup>	kg/cm <sup>2</sup>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	195.61	143.74	10.11	450.57	331.10	23.28	874.88	642.90	45.20
1.27	0.050	364.66	267.97	18.84	817.57	600.79	42.24	1694.57	1245.25	87.55
1.91	0.075	508.88	373.95	26.29	1158.57	851.37	59.86	2094.57	1539.19	108.22
2.54	0.100	620.86	456.24	32.08	1358.81	998.52	70.20	2312.57	1699.39	119.48
3.18	0.125	688.58	506.00	35.58	1558.89	1145.55	80.54	2459.57	1807.41	127.08
3.81	0.150	745.57	547.88	38.52	1767.77	1299.04	91.33	2584.57	1899.27	133.54
5.08	0.200	815.02	598.92	42.11	1970.63	1448.12	101.82	2694.57	1980.10	139.22
7.62	0.300	919.44	675.65	47.50	2187.57	1607.53	113.02	2784.57	2046.24	143.87
10.16	0.400	1009.39	741.75	52.15	2264.57	1664.12	117.00	2847.57	2092.53	147.12
12.70	0.500	1111.13	816.51	57.41	2284.57	1678.81	118.04	2874.57	2112.37	148.52



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	456.24	598.92	998.52	1448.12	1699.39	1980.10
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	45.62	39.93	99.85	96.54	169.94	132.01

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	45.62	99.85	169.94
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	39.93	96.54	132.01
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.51	1.61	1.64





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	50.1%
		CBR(0.2)"	<b>46.0%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	98.0%
		CBR(0.2)"	<b>90.0%</b>

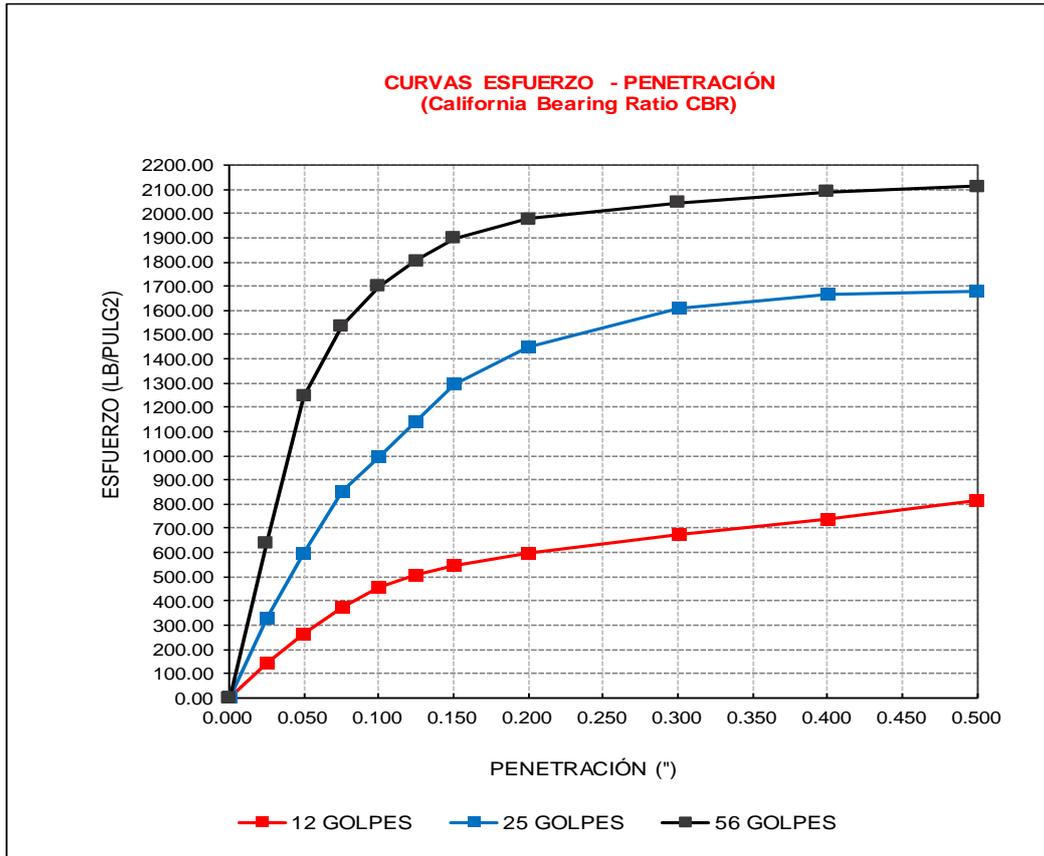
**ANEXO 74: Resultados del ensayo CBR con 4% Cemento Portland tipo I, de la Calicata 3- Est. 0.80m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez		
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.		
	<b>TESIS</b>				
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>	
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019		
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos	
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio		
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)		

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C1- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
<b>MOLDE</b>	<b>4</b>			<b>5</b>			<b>6</b>		
N° Capas	5			5			5		
N°Golp x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11170.00		11535.00	11555.00		11810.00	11770.00		11990.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	3980.00		4345.00	4425.00		4680.00	4690.00		4910.00
Vol. Molde (cm <sup>3</sup> )	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm <sup>3</sup> )	1.68		1.84	1.87		1.98	1.98		2.08
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	201.90	209.10	203.01	197.20	201.90	202.90	199.92	199.28	198.04
Peso Seco + Tara	169.80	175.70	171.34	155.91	160.44	167.43	166.99	165.22	158.51
Peso Agua (gr)	32.10	33.40	31.67	41.29	41.46	35.47	32.93	34.06	39.53
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	36.73	27.58	27.48	32.48	28.69	24.64	42.70
P. Muestra Seca	140.68	147.59	134.61	128.33	132.96	134.95	138.30	140.58	115.81
Cont. Humedad (%)	22.82	22.63	23.53	32.17	31.18	26.28	23.81	24.23	34.13
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>22.72</b>		<b>23.53</b>	<b>31.68</b>		<b>26.28</b>	<b>24.02</b>		<b>34.13</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.37</b>		<b>1.51</b>	<b>1.42</b>		<b>1.61</b>	<b>1.60</b>		<b>1.63</b>

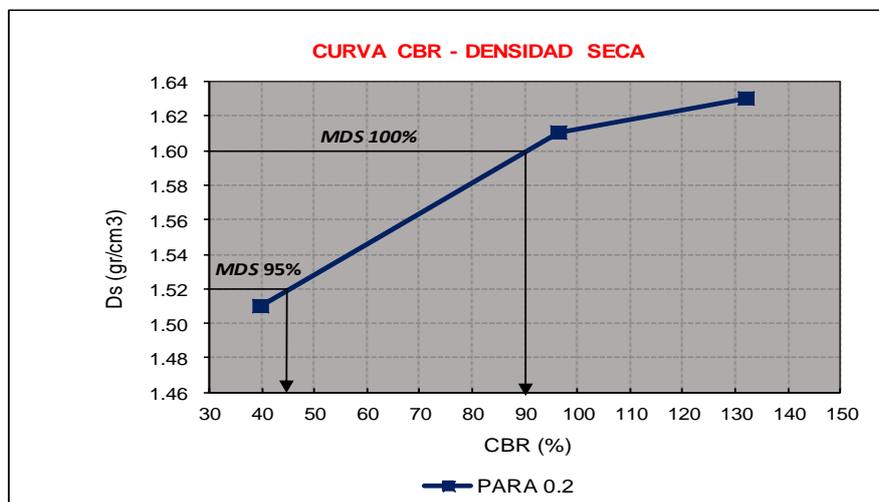
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	0.786	0.664	0.59	6.179	0.000	0.00	6.427	0.000	0.00
24	1	3.761	2.311	2.06	3.903	2.940	2.63	4.187	2.904	2.59
48	2	4.549	3.099	2.77	3.567	3.276	2.93	3.781	3.310	2.96
72	3	5.765	4.315	3.85	3.323	3.520	3.14	2.738	4.353	3.89
96	4	6.027	4.577	4.09	2.837	4.006	3.58	3.228	3.863	3.45

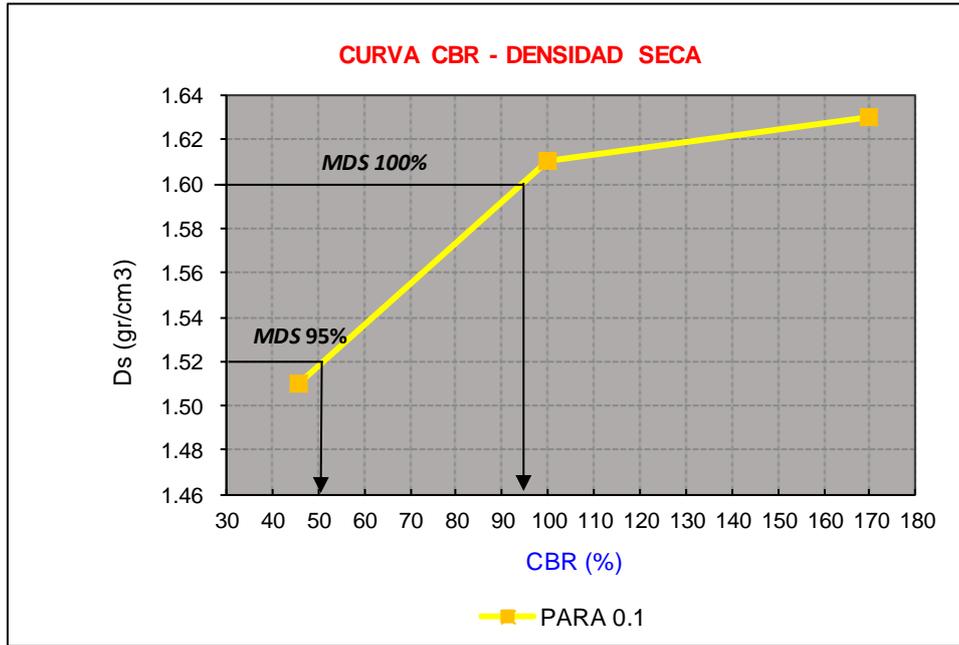
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	194.16	142.68	10.03	449.12	330.04	23.20	873.43	641.84	45.13
1.27	0.050	363.21	266.90	18.77	816.12	599.72	42.17	1693.12	1244.19	87.48
1.91	0.075	507.43	372.88	26.22	1157.12	850.31	59.78	2093.12	1538.13	108.14
2.54	0.100	619.41	455.17	32.00	1357.36	997.45	70.13	2311.12	1698.32	119.41
3.18	0.125	687.13	504.94	35.50	1557.44	1144.48	80.47	2458.12	1806.35	127.00
3.81	0.150	744.12	546.82	38.45	1766.32	1297.98	91.26	2583.12	1898.20	133.46
5.08	0.200	813.57	597.85	42.03	1969.18	1447.05	101.74	2693.12	1979.04	139.14
7.62	0.300	917.99	674.58	47.43	2186.12	1606.47	112.95	2783.12	2045.17	143.79
10.16	0.400	1007.94	740.68	52.08	2263.12	1663.05	116.93	2846.12	2091.47	147.05
12.70	0.500	1109.68	815.45	57.33	2283.12	1677.75	117.96	2873.12	2111.31	148.44



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	455.17	597.85	997.45	1447.05	1698.32	1979.04
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	45.52	39.86	99.75	96.47	169.83	131.94

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	45.52	99.75	169.83
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	39.86	96.47	131.94
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.51	1.61	1.63





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	50.0%
		CBR(0.2)"	<b>46.0%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	95.0%
		CBR(0.2)"	<b>90.0%</b>

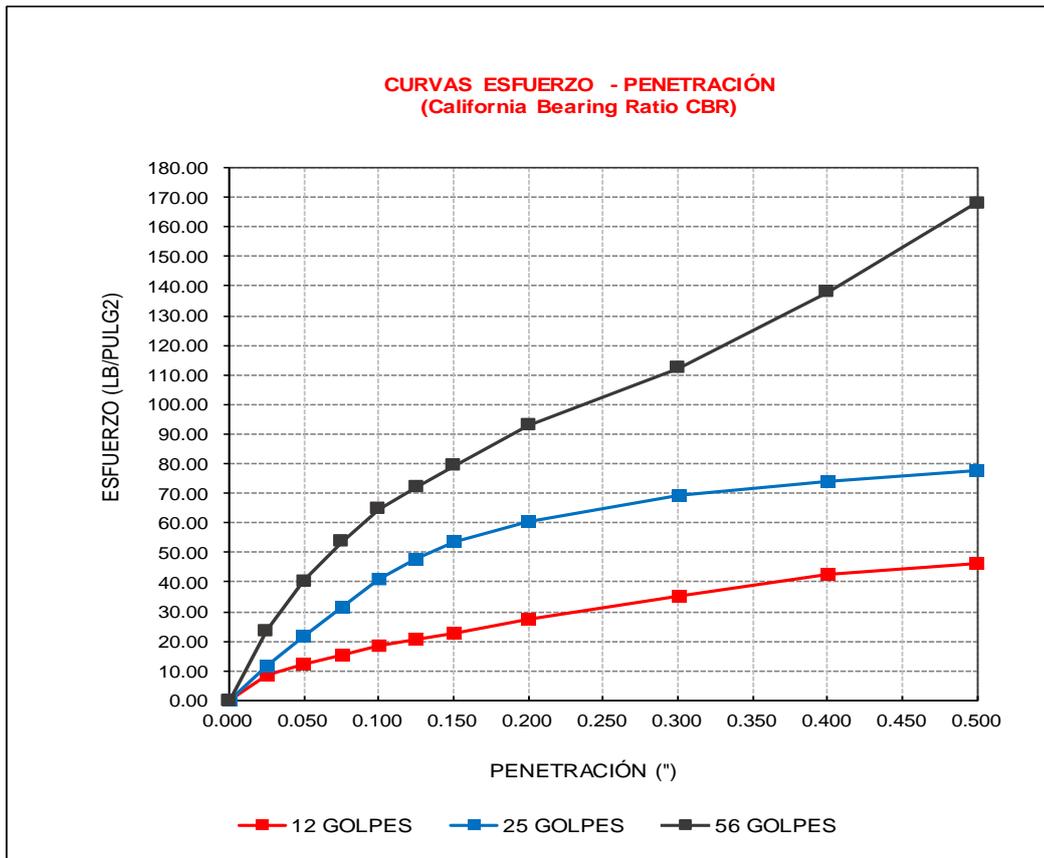
**ANEXO 75: Resultados del ensayo CBR con 4% Cal, de la Calicata 3- Est. 0.80m (1 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 4% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 0.80m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
ASTM D 1883			California Bearing Ratio			
NTP 339.145			Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11170.00		11605.00	11445.00		11830.00	11580.00		11885.00
Peso Molde (gr)	7245.00		7245.00	7185.00		7185.00	7250.00		7250.00
Peso Húmedo (gr)	3925.00		4360.00	4260.00		4645.00	4330.00		4635.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.66		1.84	1.80		1.96	1.83		1.96
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	197.43	203.65	196.87	203.45	197.34	185.32	197.88	200.45	210.71
Peso Seco + Tara	171.34	176.24	162.88	179.45	173.98	153.97	168.53	171.76	179.85
Peso Agua (gr)	26.09	27.41	33.99	24.00	23.36	31.35	29.35	28.69	30.86
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	35.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	28.70
P. Muestra Seca	142.22	148.13	127.15	151.87	146.50	126.49	139.84	147.12	151.15
Cont. Humedad (%)	18.34	18.50	26.73	15.80	15.95	24.78	20.99	19.50	20.42
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>18.42</b>		<b>26.73</b>	<b>15.87</b>		<b>24.78</b>	<b>20.24</b>		<b>20.42</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.40</b>		<b>1.45</b>	<b>1.55</b>		<b>1.57</b>	<b>1.52</b>		<b>1.63</b>

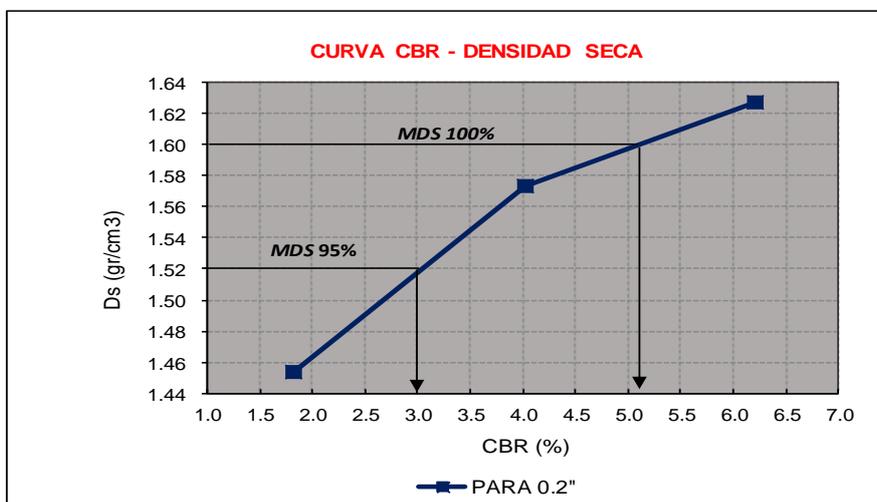
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	5.340	0.000	0.00	11.390	0.000	0.00	12.890	12.890	11.51
24	1	6.384	1.044	0.93	14.760	3.370	3.01	15.430	2.540	2.27
48	2	7.021	1.681	1.50	14.820	3.430	3.06	15.260	2.370	2.12
72	3	7.129	1.789	1.60	15.780	4.390	3.92	16.660	3.770	3.37
96	4	7.458	2.118	1.89	15.990	4.600	4.11	16.872	3.982	3.56

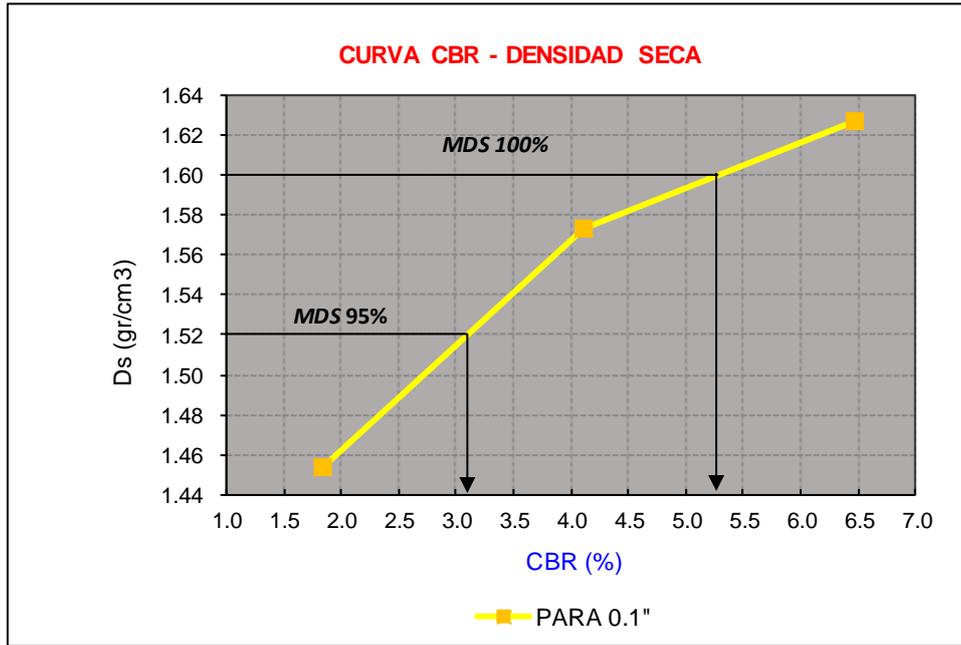
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.64	0.025	12.00	8.82	0.62	16.00	11.76	0.83	32.00	23.52	1.65
1.27	0.050	17.00	12.49	0.88	29.31	21.54	1.51	55.00	40.42	2.84
1.91	0.075	21.00	15.43	1.08	43.00	31.60	2.22	73.00	53.64	3.77
2.54	0.100	25.00	18.37	1.29	56.00	41.15	2.89	88.00	64.67	4.55
3.18	0.125	28.00	20.58	1.45	65.00	47.77	3.36	98.00	72.02	5.06
3.81	0.150	31.00	22.78	1.60	73.00	53.64	3.77	108.00	79.36	5.58
5.08	0.200	37.00	27.19	1.91	82.00	60.26	4.24	126.73	93.13	6.55
7.62	0.300	48.00	35.27	2.48	94.00	69.08	4.86	153.00	112.43	7.90
10.16	0.400	58.00	42.62	3.00	101.00	74.22	5.22	188.00	138.15	9.71
12.70	0.500	62.76	46.12	3.24	105.54	77.56	5.45	228.83	168.16	11.82



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	18.37	27.19	41.15	60.26	64.67	93.13
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.84	1.81	4.12	4.02	6.47	6.21

MOLDE N°	MOLDE N°4	MOLDE N°5	MOLDE N°6
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.1 (*)	0.1 (*)
CBR (%)	1.84	4.12	6.47
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)	0.2 (*)	0.2 (*)
CBR (%)	1.81	4.02	6.21
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.45	1.57	1.63





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	3.1%
		CBR(0.2)"	<b>3.0%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	5.3%
		CBR(0.2)"	<b>5.1%</b>

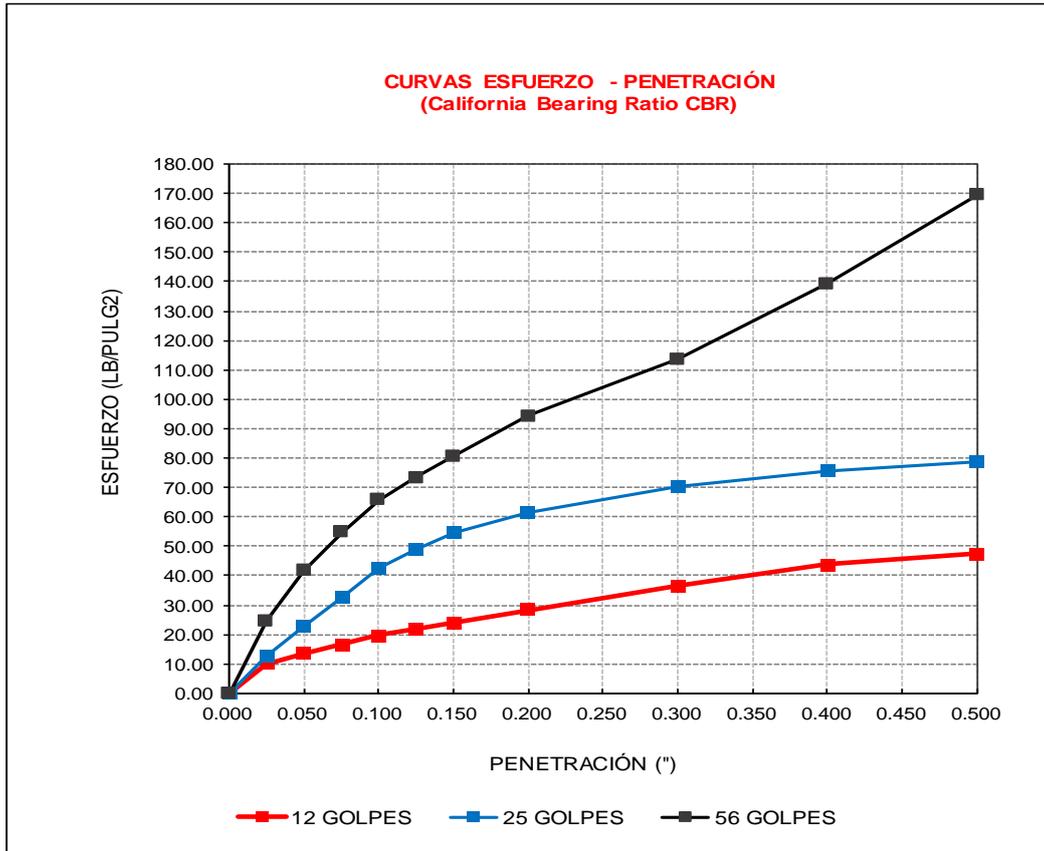
**ANEXO 76: Resultados del ensayo CBR con 4% Cal, de la Calicata 3- Est. 0.80m (2 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez			
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.			
	<b>TESIS</b>					
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>		CBR + 4% Cal
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019			Estrato 0.80m - Prof.
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos		
		ASTM D 1883	California Bearing Ratio			
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)			

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
N° Capas	5			5			5		
N°Golg x Capa	12			25			56		
<b>Cond. Muestra</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>	<b>ANTES DE EMPAPAR</b>		<b>DESPUES</b>
P. Húm.+ Molde	11165.00		11600.00	11440.00		11825.00	11575.00		11880.00
Peso Molde (gr)	7190.00		7190.00	7130.00		7130.00	7080.00		7080.00
Peso Húmedo (gr)	3975.00		4410.00	4310.00		4695.00	4495.00		4800.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.68		1.86	1.82		1.98	1.90		2.03
Número de Ensayo	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3-A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
P.Húmedo + Tara	203.02	209.24	202.46	209.04	202.93	190.91	203.47	206.04	216.30
Peso Seco + Tara	174.93	179.83	166.47	183.04	177.57	157.56	172.12	175.35	183.44
Peso Agua (gr)	28.09	29.41	35.99	26.00	25.36	33.35	31.35	30.69	32.86
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	39.73	27.58	27.48	27.48	28.69	24.64	58.70
P. Muestra Seca	145.81	151.72	126.74	155.46	150.09	130.08	143.43	150.71	124.74
Cont. Humedad (%)	19.26	19.38	28.40	16.72	16.90	25.64	21.86	20.36	26.34
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>19.32</b>		<b>28.40</b>	<b>16.81</b>		<b>25.64</b>	<b>21.11</b>		<b>26.34</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.41</b>		<b>1.43</b>	<b>1.56</b>		<b>1.58</b>	<b>1.57</b>		<b>1.61</b>

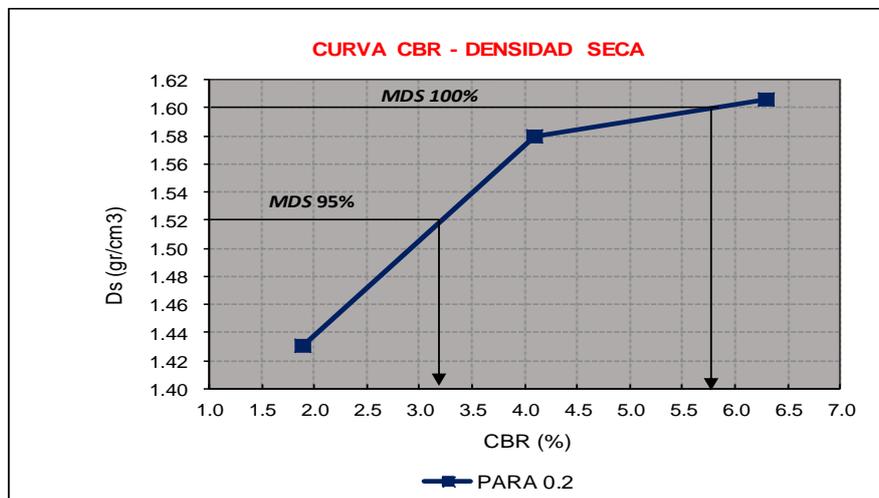
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(Hs)</b>	<b>(Días)</b>	<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
		<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>	<b>DEFORM.</b>	<b>(mm)</b>	<b>(%)</b>
0	0	6.904	1.564	1.40	12.954	0.000	0.00	14.454	0.000	0.00
24	1	7.948	2.608	2.33	16.324	4.934	4.41	16.994	4.104	3.66
48	2	8.585	3.245	2.90	16.384	4.994	4.46	16.824	3.934	3.51
72	3	8.693	3.353	2.99	17.344	5.954	5.32	18.224	5.334	4.76
96	4	9.022	3.682	3.29	17.554	6.164	5.50	18.436	5.546	4.95

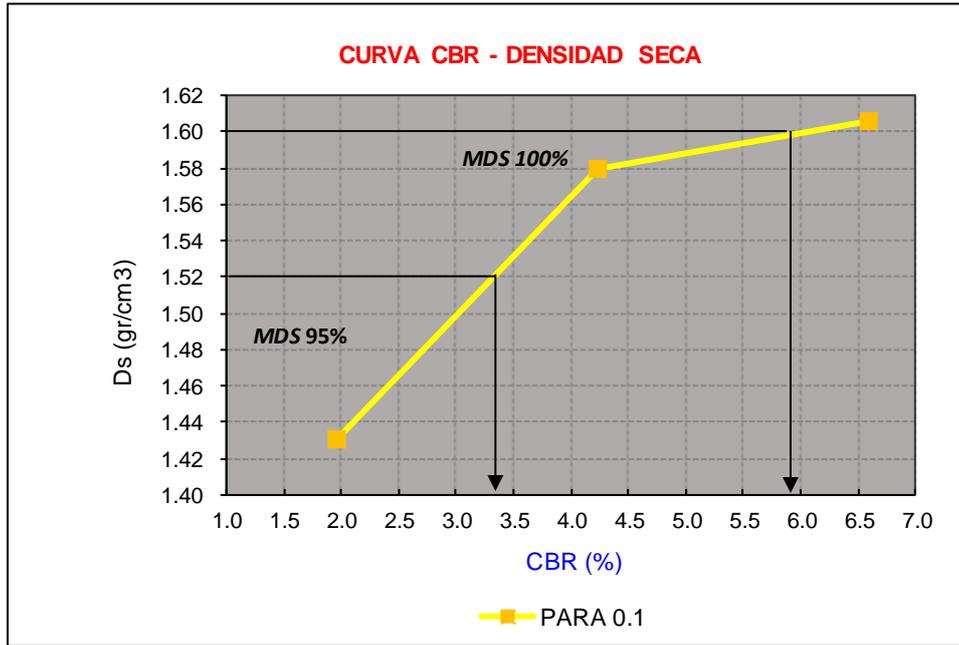
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACION</b>		<b>MOLDE N°4</b>			<b>MOLDE N°5</b>			<b>MOLDE N°6</b>		
<b>(mm)</b>	<b>(pulg)</b>	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
		<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pulg2</b>	<b>kg/cm2</b>
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	13.67	10.05	0.71	17.67	12.98	0.91	33.67	24.74	1.74
1.27	0.050	18.67	13.72	0.96	30.98	22.77	1.60	56.67	41.64	2.93
1.91	0.075	22.67	16.66	1.17	44.67	32.83	2.31	74.67	54.87	3.86
2.54	0.100	26.67	19.60	1.38	57.67	42.38	2.98	89.67	65.89	4.63
3.18	0.125	29.67	21.80	1.53	66.67	48.99	3.44	99.67	73.24	5.15
3.81	0.150	32.67	24.01	1.69	74.67	54.87	3.86	109.67	80.59	5.67
5.08	0.200	38.67	28.42	2.00	83.67	61.48	4.32	128.40	94.35	6.63
7.62	0.300	49.67	36.50	2.57	95.67	70.30	4.94	154.67	113.66	7.99
10.16	0.400	59.67	43.85	3.08	102.67	75.45	5.30	189.67	139.38	9.80
12.70	0.500	64.43	47.35	3.33	107.21	78.78	5.54	230.50	169.38	11.91



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	19.60	28.42	42.38	61.48	65.89	94.35
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.96	1.89	4.24	4.10	6.59	6.29

MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.96		4.24		6.59	
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.89		4.10		6.29	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.43		1.58		1.61	





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	3.4%
		CBR(0.2)"	<b>3.2%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	5.9%
		CBR(0.2)"	<b>5.7%</b>

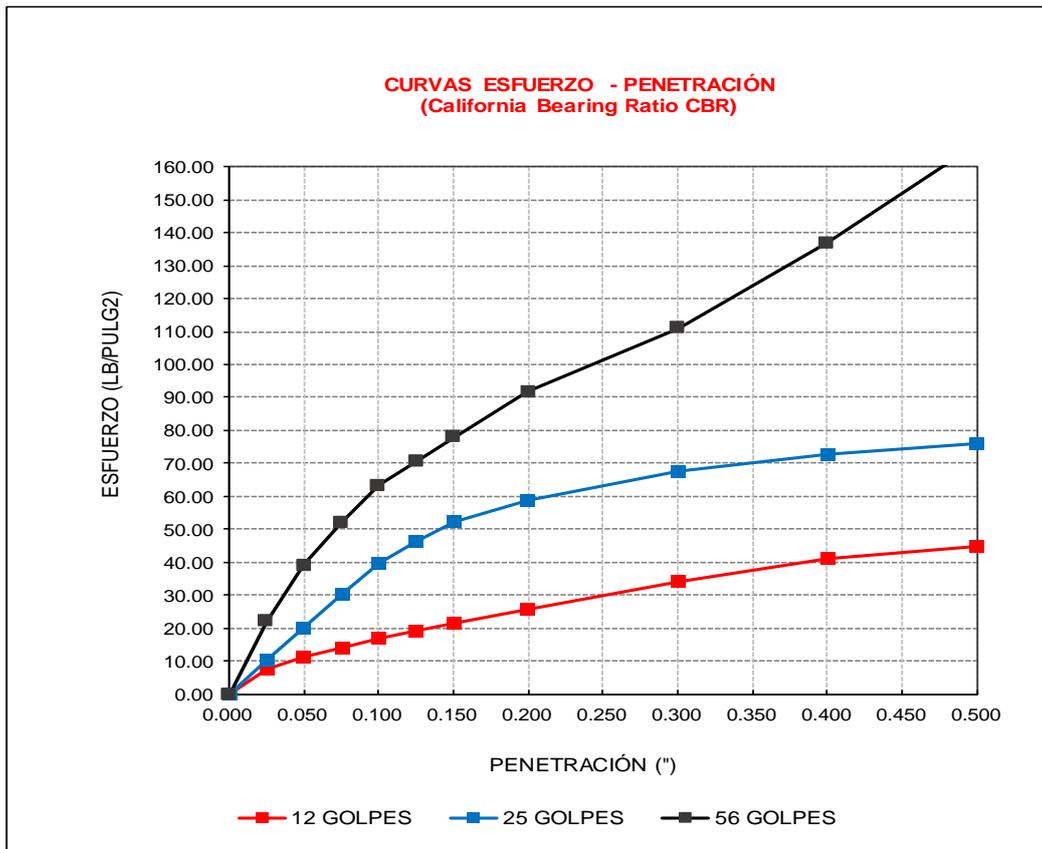
**ANEXO 77: Resultados del ensayo CBR con 4% Cal, de la Calicata 3- Est. 0.80m (3 ensayo)**

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	<b>SOLICITANTE DE ENSAYOS</b>		Bach. Cinthia Karel Gongora Velasquez	
	<b>LABORATORIO</b>		Laboratorio de Suelos de la Universidad Privada del Norte -Trujillo -San Isidro.	
	<b>TESIS</b>			
	<b>MATERIAL</b>		Suelo	<b>DATOS COMPLEMENTARIOS DE LA MUESTRA</b>
	<b>FECHA DE ENSAYO</b>		2019	
	<b>ENSAYOS REALIZADOS</b>		ASTM D 420	Muestreo de Suelos
			ASTM D 1883	California Bearing Ratio
		NTP 339.145	Método de Ensayo de CBR (Relación de Soporte de California)	

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO CBR C3- EST. 0.80m</b>									
<b>ENSAYO: COMPACTACIÓN</b>									
MOLDE	4			5			6		
Nº Capas	5			5			5		
NºGolg x Capa	12			25			56		
Cond. Muestra	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES	ANTES DE EMPAPAR		DESPUES
P. Húm.+ Molde	11170.00		11605.00	11445.00		11830.00	11580.00		11885.00
Peso Molde (gr)	7245.00		7245.00	7185.00		7185.00	7250.00		7250.00
Peso Húmedo (gr)	3925.00		4360.00	4260.00		4645.00	4330.00		4635.00
Vol. Molde (cm3)	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89	2365.89		2365.89
Densidad H.(gr/cm3)	1.66		1.84	1.80		1.96	1.83		1.96
Número de Ensayo	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3-A	3-B	3-C
P.Húmedo + Tara	190.74	196.96	190.18	196.76	190.65	178.63	191.19	193.76	204.02
Peso Seco + Tara	167.75	172.65	159.29	175.86	170.39	150.38	164.94	168.17	176.26
Peso Agua (gr)	22.99	24.31	30.89	20.90	20.26	28.25	26.25	25.59	27.76
Peso Tara (gr)	29.12	28.11	48.73	27.58	27.48	32.48	28.69	24.64	47.90
P. Muestra Seca	138.63	144.54	110.56	148.28	142.91	117.90	136.25	143.53	128.36
Cont. Humedad (%)	16.58	16.82	27.94	14.09	14.18	23.96	19.27	17.83	21.63
<b>Cont.Hum.Prom.</b>	<b>16.70</b>		<b>27.94</b>	<b>14.14</b>		<b>23.96</b>	<b>18.55</b>		<b>21.63</b>
<b>DENSIDAD SECA</b>	<b>1.42</b>		<b>1.44</b>	<b>1.58</b>		<b>1.53</b>	<b>1.54</b>		<b>1.61</b>

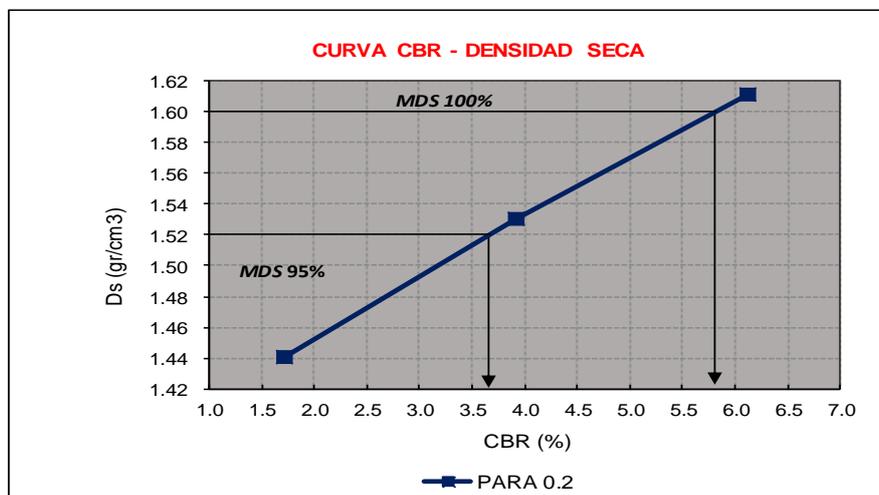
<b>ENSAYO: HINCHAMIENTO</b>										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE Nº4			MOLDE Nº5			MOLDE Nº6		
(Hs)	(Días)	LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
		DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)	DEFORM.	(mm)	(%)
0	0	4.493	0.847	0.76	10.543	0.000	0.00	12.043	0.000	0.00
24	1	5.537	0.197	0.18	13.913	2.523	2.25	14.583	1.693	1.51
48	2	6.174	0.834	0.74	13.973	2.583	2.31	14.413	1.523	1.36
72	3	6.282	0.942	0.84	14.933	3.543	3.16	15.813	2.923	2.61
96	4	6.611	1.271	1.13	15.143	3.753	3.35	16.025	3.135	2.80

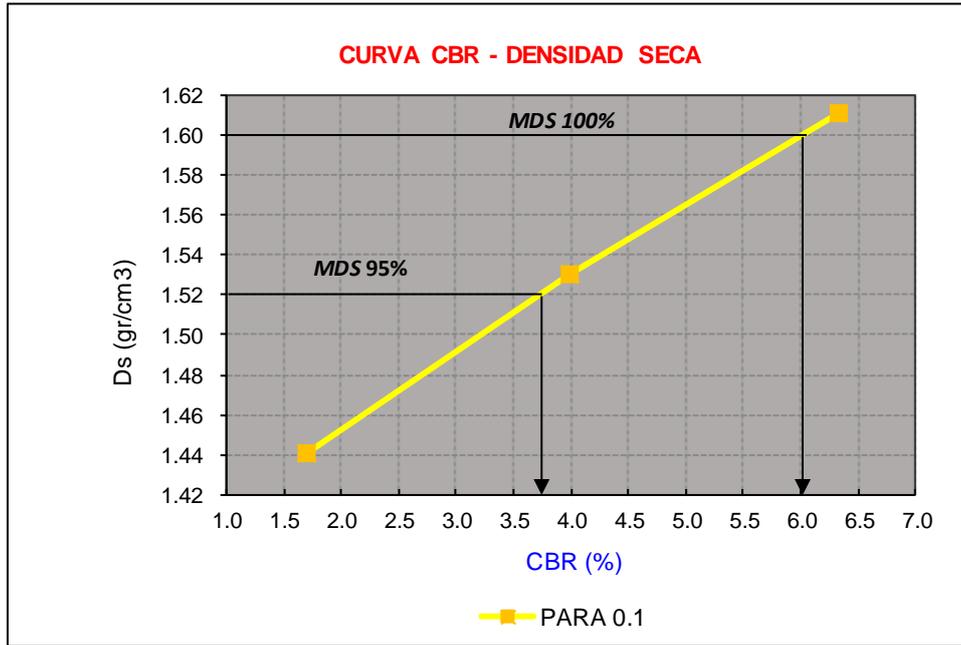
<b>ENSAYO: CARGA - PENETRACIÓN</b>										
PENETRACION		MOLDE Nº4			MOLDE Nº5			MOLDE Nº6		
(mm)	(pulg)	CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
		kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2	kg/cm2	Lb/pulg2	kg/cm2
0.00	0.000	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00	0	0.00	0.00
0.64	0.025	10.16	7.47	0.52	14.16	10.41	0.73	30.16	22.16	1.56
1.27	0.050	15.16	11.14	0.78	27.47	20.19	1.42	53.16	39.06	2.75
1.91	0.075	19.16	14.08	0.99	41.16	30.25	2.13	71.16	52.29	3.68
2.54	0.100	23.16	17.02	1.20	54.16	39.80	2.80	86.16	63.31	4.45
3.18	0.125	26.16	19.22	1.35	63.16	46.41	3.26	96.16	70.66	4.97
3.81	0.150	29.16	21.43	1.51	71.16	52.29	3.68	106.16	78.01	5.48
5.08	0.200	35.16	25.84	1.82	80.16	58.91	4.14	124.89	91.78	6.45
7.62	0.300	46.16	33.92	2.38	92.16	67.72	4.76	151.16	111.08	7.81
10.16	0.400	56.16	41.27	2.90	99.16	72.87	5.12	186.16	136.80	9.62
12.70	0.500	60.92	44.77	3.15	103.70	76.20	5.36	226.99	166.80	11.73



MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)	0.1 (*)	0.2 (*)
ESFUERZO TERRENO lb/pulg2	17.02	25.84	39.80	58.91	63.31	91.78
ESFUERZO PATRÓN lb/pulg2	1000	1500	1000	1500	1000	1500
CBR (%)	1.70	1.72	3.98	3.93	6.33	6.12

MOLDE N°	MOLDE N°4		MOLDE N°5		MOLDE N°6	
PENETRACIÓN (")	0.1 (*)		0.1 (*)		0.1 (*)	
CBR (%)	1.70		3.98		6.33	
PENETRACIÓN (")	0.2 (*)		0.2 (*)		0.2 (*)	
CBR (%)	1.72		3.93		6.12	
DENSIDAD SECA (gr/cm3)	1.44		1.53		1.61	





Dsmáx	1.60	gr/cm <sup>3</sup>	
Ds máx 95%	1.52	CBR(0.1)"	3.8%
		CBR(0.2)"	<b>3.6%</b>
Ds máx 100%	1.60	CBR(0.1)"	6.0%
		CBR(0.2)"	<b>5.8%</b>

**ANEXOS SOBRE LOS ENSAYOS EJECUTADOS EN ESTA INVESTIGACIÓN**

**ANEXO 78: Excavación de calicatas y obtención de muestras**



**ANEXO 79: Ensayo Contenido de Humedad de las muestras**



**ANEXO 80: Ensayos Gravedad Específica de las muestras**



**ANEXO 81: Ensayos Análisis Granulométrico por Tamizado de las muestras**



**ANEXO 82: Ensayos Análisis Granulométrico por Lavado de las muestras**



**ANEXO 83: Ensayos de Límite Líquido y Límite Plástico de las muestras**



**ANEXO 84: Ensayos Proctor Modificado de los 2 Estratos de la C3**



**ANEXO 85: Ensayos CBR para los 2 Estratos de la C3**

*Preparación de las muestras*



***Compactación***



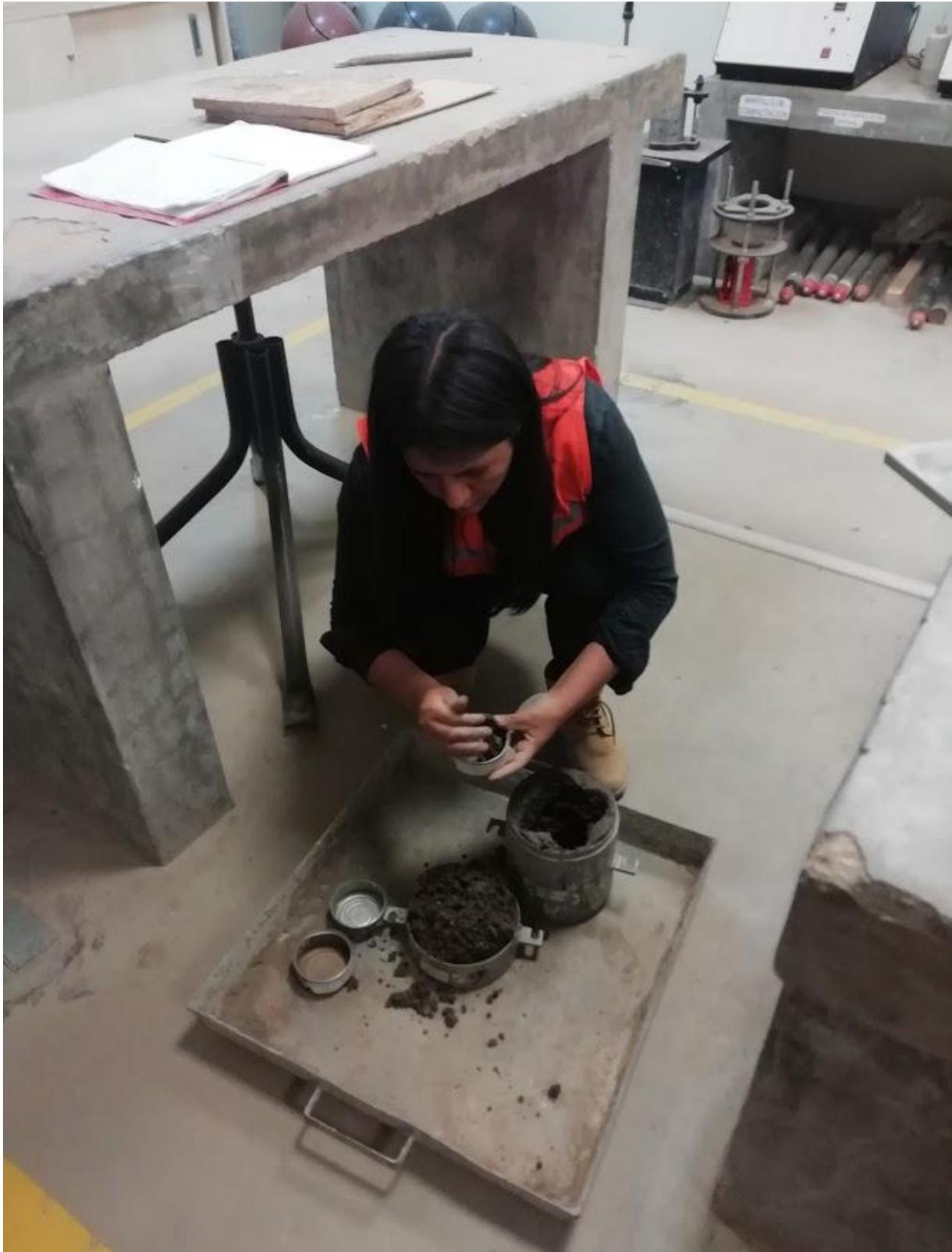
***Hinchamiento***



**Maquina CBR**



*Contenido de Humedad*



***ANEXOS SOBRE EL REGISTRO ESTRATIGRÁFICO DE LAS MUESTRAS***









**ANEXOS SOBRE LA CERTIFICACIÓN Y CALIBRACIÓN DE EQUIPOS UTILIZADOS**

**ANEXO 90: Equipo Prensa CBR**

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LF - 171 - 2018**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

<p>1. Expediente</p> <p>2. Solicitante</p> <p>3. Dirección</p> <p>4. Equipo</p> <p>    Capacidad</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    Clase</p> <p>    Procedencia</p> <p>    Identificación</p> <p>    Indicador</p> <p>    Marca</p> <p>    Modelo</p> <p>    Número de Serie</p> <p>    División de Escala / Resolución</p> <p>5. Fecha de Calibración</p>	<p>18375</p> <p>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</p> <p>Mz. G Lt. 24 Urb. Dean Saavedra. El Cortijo San Isidro - Trujillo - LA LIBERTAD.</p> <p>PRENSA CBR</p> <p>10000 lbf</p> <p>FORNEY</p> <p>LA-3629</p> <p>2651</p> <p>NO INDICA</p> <p>U.S.A.</p> <p>1-014926 (*)</p> <p>DIGITAL</p> <p>FORNEY</p> <p>LA-0498-27</p> <p>1206</p> <p>0,01 kgf</p> <p>2018-07-02</p>	<p>Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.</p> <p>METROLOGÍA &amp; TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.</p> <p>Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.</p> <p>El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
---	--	---

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2018-07-05

JUAN C. QUISPE MORALES



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 171 - 2018**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables al LEDI-PUCP tomado como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación de Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos. Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción/compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza." - Julio 2006.

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE SUELOS.  
UPNCCASERI - Calle 31 s/n del Caserío Mansiche - Trujillo - LA LIBERTAD.

**8. Condiciones Ambientales**

	inicial	Final
Temperatura	21,5 °C	21,4 °C
Humedad Relativa	68 % HR	68 % HR

**9. Patrones de referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Informe/Certificado de calibración
Celdas patrones calibradas en el National Standards Testing Laboratory de Maryland - USA	Celda de carga calibrado a 20 tnf con incertidumbre del orden de 0,6 %	LEDI-PUCP INF-LE 006-18B/C

**10. Observaciones**

- Se adjunta una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- Durante la realización de cada secuencia de calibración la temperatura del equipo de medida de fuerza permanece estable dentro de un intervalo de  $\pm 2,0$  °C.
- (\*) Código indicado en una etiqueta adherido en el equipo.
- Celda de Carga: Marca: Diamond, Modelo: DS-10K, 0t-6B y Serie: 609735



**Metrología & Técnicas S.A.C.**  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industrial y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LF - 171 - 2018**

Área de Metrología  
Laboratorio de Fuerza

Página 3 de 3

**11. Resultados de Medición**

Indicación del Equipo		Indicación de Fuerza (Ascenso) Patrón de Referencia			
%	$F_i$ (kgf)	$F_1$ (kgf)	$F_2$ (kgf)	$F_3$ (kgf)	$F_{promedio}$ (kgf)
10	500,0	500,0	500,0	500,0	500,0
20	1000,0	1000,5	1000,0	1000,0	1000,2
30	1500,0	1501,0	1500,0	1500,0	1500,3
40	2000,0	2001,5	2000,5	2000,5	2000,8
50	2500,0	2501,5	2500,0	2500,0	2500,5
60	3000,0	3002,0	3000,5	3000,5	3001,0
70	3500,0	3502,0	3500,5	3501,0	3501,2
80	4000,0	4002,0	4001,0	4001,5	4001,5
90	4500,0	4503,0	4502,0	4502,0	4502,3
100	5000,0	5003,5	5002,5	5002,5	5002,8
Retorno a Cero		0,0	0,0	0,0	

Indicación del Equipo F (kgf)	Errores Encontrados en el Sistema de Medición				Incertidumbre U (k=2) (%)
	Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Resol. Relativa α (%)	
500	0,00	0,00	---	0,00	0,15
1000	-0,02	0,05	---	0,00	0,15
1500	-0,02	0,07	---	0,00	0,15
2000	-0,04	0,05	---	0,00	0,15
2500	-0,02	0,06	---	0,00	0,15
3000	-0,03	0,05	---	0,00	0,15
3500	-0,03	0,04	---	0,00	0,15
4000	-0,04	0,02	---	0,00	0,15
4500	-0,05	0,02	---	0,00	0,15
5000	-0,06	0,02	---	0,00	0,15

MÁXIMO ERROR RELATIVO DE CERO ( $f_0$ )	0,00 %
---	--------

**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2, el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24 Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 942 635 342 / 971 439 282  
RPM: # 971439272 / #942635342 / #971439282



email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

## ANEXO 91: Equipos de Límite Líquido



### CERTIFICADO DE GARANTIA

Estimado Cliente:

Usted ha adquirido un **Set para Pruebas de Limite Líquido (CC)**, de procedencia USA.

**Plazo de Garantía:** 01 año, por defectos de fabricación

En caso que el artefacto presente algún inconveniente **por fallas de fábrica** dentro del período de garantía, solo tiene que presentar este certificado, acompañado de su factura o boleta de venta, en nuestras oficinas de Jr. Brigadier Pumacahua No. 2766 - Lince

**Datos del artefacto:**

Producto: **Set para Pruebas de Limite Líquido**  
Código: LAG-3740CC  
Marca: Forney, procedencia USA  
Fecha de Compra: Lima, 23 de Febrero del 2016  
No. De Factura: 001-001917  
Período de garantía: del 23/02/2016 al 23/02/2016

**Datos del Cliente:**

Empresa: **UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE**  
Dirección: Av. Primavera No.1796, Int. 301 Santiago de Surco  
Teléfono: 614-3300

Atentamente,

  
**Percy López B.**  
PyJLB INGS  
Servicio Técnico

P&JLB INGS SAC  
Jr. Brigadier Pumacahua No. 2766 Lince-Lima Perú  
Telefono: 511-422-2142 Telefax: 221-2545  
e-mail: [pyjlbings@yahoo.com](mailto:pyjlbings@yahoo.com)  
[ventas@pyjlbings.com](mailto:ventas@pyjlbings.com)

**ANEXO 92: Dial**



**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 105 - 2017**

*Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud*

Página 1 de 3

<b>1. Expediente</b>	<b>17086</b>
<b>2. Solicitante</b>	<b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE S.A.C.</b>
<b>3. Dirección</b>	Av. Del Ejercito Nro. 920 Urb. El Molino - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD
<b>4. Instrumento de Medición</b>	<b>DIAL</b>
<b>Alcance de indicación</b>	0 pulg. a 1,00 pulg.
<b>División de Escala / Resolución</b>	0,01 pulg.
<b>Marca</b>	CDI
<b>Modelo</b>	26105C-SB
<b>Número de Serie</b>	121721146
<b>Procedencia</b>	U.S.A.
<b>Identificación</b>	1-011857 (*)
<b>Tipo de indicación</b>	ANALÓGICO
<b>5. Fecha de Calibración</b>	: 2017-04-26

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aqui declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

**Fecha de Emisión**

**Jefe del Laboratorio de Metrología**

**Sello**

2017-04-28

JUAN C. QUISPE MORALES



*Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342*

*email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com*

**METROTEC**

**METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.**

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN  
MT - LL - 105 - 2017**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 2 de 3

**6. Método de Calibración**

La calibración se realizó según el método descrito en el PC-014: "Procedimiento de Calibración de Comparadores de Cuadrante (Usando Bloques)" del SNM-INDECOPI. Segunda Edición.

**7. Lugar de calibración**

LABORATORIO DE CONCRETO PABELLON C. INGENIERIA CIVIL.  
Urb. Dean Saavedra Mz. G Lt. 24 San Isidro - Trujillo - Trujillo - LA LIBERTAD.

**8. Condiciones Ambientales**

	Inicial	Final
Temperatura	27,7 °C	27,7 °C
Humedad Relativa	75 %	75 %

**9. Patrones de Referencia**

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado/Informe de calibración
Patrones del INACAL-DM Bloques patrón (Grado K)	BLOQUES PATRÓN (Grado 0) Vertex Modelo VGB-87-0	DM - INACAL LLA-088-2016
Patrones del INACAL-DM Comparador mecánico de bloques		

**10. Observaciones**

- Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación **CALIBRADO**.
- (\*) Código de identificación indicado en una etiqueta adherido al instrumento.



Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
RPM: \*849272 / #971439282 / #942635342

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com



METROLOGÍA & TÉCNICAS S.A.C.

Servicios de Calibración y Mantenimiento de Equipos e Instrumentos de Medición Industriales y de Laboratorio

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**  
**MT - LL - 105 - 2017**

Área de Metrología  
Laboratorio de Longitud

Página 3 de 3

**11. Resultados de medición**

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg)	ERROR DE INDICACIÓN (mil)
(mm)	(pulg)		
2,0	0,079	0,079	0
4,5	0,177	0,178	1
7,5	0,295	0,296	1
9,5	0,374	0,375	1
15,0	0,591	0,591	0
19,5	0,768	0,768	0
25,0	0,984	0,985	1

Alcance del error de indicación ( $f_e$ ) : 0,70 mils.

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,59$  mils para ( $k=2$ )

ALCANCE DEL ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )

VALOR PATRÓN		INDICACIÓN DEL COMPARADOR (pulg.)	ERROR DE INDICACIÓN (mil)
(mm)	(pulg)		
9,5	0,374	0,375	1
		0,375	1
		0,375	1
		0,375	1
		0,375	1

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0,00 mils

Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 0,59$  mils para ( $k=2$ )

Nota 1.- 1 mils es equivalente a 25,4  $\mu$ m.



**12. Incertidumbre**

La incertidumbre expandida de medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura  $k=2$ , el cual corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95%.

La incertidumbre expandida de medición fue calculada a partir de los componentes de incertidumbre de los factores de influencia en la calibración. La incertidumbre indicada no incluye una estimación de variaciones a largo plazo.

Metrología & Técnicas S.A.C.  
Av. San Diego de Alcalá Mz F1 Lote 24, Urb. San Diego - LIMA - PERÚ  
Telf.: (511) 540-0642  
Cel.: (511) 971 439 272 / 971 439 282  
E-mail: metrologia@metrologiatecnicas.com

email: metrologia@metrologiatecnicas.com  
ventas@metrologiatecnicas.com  
WEB: www.metrologiatecnicas.com

**ANEXO 93: Moldes para el ensayo de CBR**

MOLDES PARA COMPACTACIÓN DE  
Suelos de 4" (10.2cm)  
(2 UND)

# Product Certification

Date: Set 11, 2012

## This is to Certify

that the material herein identified has been inspected  
and calibrated (when applicable) in accordance with standard procedures  
set forth and is found to be within the prescribed tolerances.

PRODUCT MANUFACTURE: **FORNEY, LP**

1) PRODUCT ITEM NUMBER: **LA-3000**

MANUFACTURING SPECIFICATIONS: **ASTM D558 D559 D560 D698 D1557 D1558 AASHTO  
T99 T134 T135 T136 T180**

PRODUCT DESCRIPTION: **MOLD COMPACTION 4" STANDARD (HM-314) (3030)**

CUSTOMER NO. **5005592**

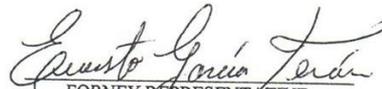
CUSTOMER NAME AND ADDRESS:

**P&JLB INGS SAC**  
Av. J. Mariategui 331  
Jesus Maria  
Lima, Peru

ORDER NUMBER: **8870111**

CUSTOMER PURCHASE ORDER: **020/2012** PURCHASE DATE: **07/25/2012**

METHOD OF VERIFICATION: **Forney - Purchasing Department**

  
FORNEY REPRESENTATIVE

This Certificate is issued as a statement of the fact that on this date the above instruments(s) had an accuracy as indicated. It should not be construed or regarded as a Guarantee or Warranty of any kind (in favor of the client, the client's customers, or the public at large) that the instrument(s) will continue to retain the same percentage (%) of accuracy or efficiency as determined on the date, when the calibration, and adjustments if required was performed and reported by "FORNEY INCORPORATED", since the calibrator has absolutely no control over the future operation, damage, maintenance repairs and overall condition of the instrument(s) and hereby expressly disclaims any and all liability for damage or loss sustained by all parties arising or resulting from deterioration, obsolescence, malfunction, or sub-standard performance of said instrument(s): which shall be deemed to be and which shall remain the sole responsibility of the machines regular custodian, owner and/or manufacturer.



WORLD EXPERTS IN MATERIAL TESTING  
1565 Broadway Ave., Hermitage, PA 16148  
Phone 724-346-7400 Fax: 724-346-7408  
email - sales@forneyonline.com

## CERTIFICADO

### DE ENSAYOS EN LABORATORIOS

El que suscribe, Gregorio Alejandro Ganoza Aguilar, hace constar por medio de la presente que el Srta. Cinthia Karel Góngora Velásquez, identificada con D.N.I N° 72008562, ha realizado los ensayos de contenido de humedad, Gravedad específica, Granulometría, Límites de Consistencia, Proctor Modificado y CBR en las instalaciones del **Laboratorio de Suelos** de esta universidad, requeridos para la tesis "**Influencia de la Cal y Cemento Portland Tipo I en la Subrasante de la Trocha del Distrito de Chillia, Provincia de Pataz- 2019**"; los resultados obtenidos se encuentran registrados en nuestro archivo.

Se expide esta certificación a solicitud del interesado, para los fines que estime conveniente.

Trujillo, 11 de Abril del 2019



---

Gregorio A. Ganoza Aguilar  
Asistente de Laboratorio